

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: « Ймовірісно-статистичний метод побудови для оперативних
балансів споживання електроенергії»

Виконав: студент II курсу, групи ОН-91мп

_____ Олійник Вадим Вікторович _____

(прізвище, ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.т.н., доцент. Находов В.Ф.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.

(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра електропостачання
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов
«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Олійнику Вадиму Вікторовичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Ймовірісно-статистичний метод побудови для оперативних балансів споживання електроенергії»

науковий керівник дисертації д.т.н., доц. Находов В.Ф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» листопада 2020 р. № 3199-с _____

2. Строк подання студентом дисертації 14 грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження ПАТ "Азот"

4. Предмет дослідження: спосіб побудови балансів електроенергії за допомогою ймовірісно-статистичного методу.

1. Перелік завдань, які потрібно розробити призначення та існуючі методи побудови енергетичних балансів
 2. Дослідження методології застосування ймовірісно-статистичного підходу до побудови електробалансів
 3. Продемонструвати методи побудови електробалансу цеху виробництва аміаку з застосуванням розрахунково-аналітичного методу та ймовірісно-статистичного підходу.
 4. Розробка організації для здійснення енергоаудитів із застосуванням ймовірісно-статистичного методу.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні

матеріали за результатами дослідження (алгоритми розрахунків та діаграми)

7.Орієнтовний перелік публікацій науково-технічна конференція "Енергетика. Екологія. Людина" та III науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ. Секція: «Сталий розвиток енергетики. Сучасні системи забезпечення електричною енергією»

8.Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

ас. Прокопенко І.Д.

9.Дата видачі завдання 31 травня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Проблема некерованого розвитку та використання сонячної генерації	31.05.2020 – 01.07.2020	
2	Механізм адресного управління сонячною генерацією	02.07.2020 – 01.09.2020	
3	Приклад функціонування механізму адресного управління режимами сонячної генерації	02.09.2020 – 28.10.2020	
4.	Розробка стартап проекту	01.09.2020	
5.	Оформлення дисертації	01.12.2020	
6.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	30. 10.20-10.12.20	
7.	Передзахист МД	10.12.20-14.12.20	
8.	Захист дисертації	17.12.20-22.12.20	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Реферат

Темою магістерської дисертації є ймовірно-статистичний метод побудови для оперативних балансів споживання електроенергії.

Сьогодні світ намагається вирішувати проблему енергоносіїв на основі нових підходів, в основі яких є: по-перше, покращення технологічного процесу з точки зору енергомісткості виробництва; по-друге, розвиток енергозбереження; по-третє, розширення виробництва енергії за рахунок поновлюючих джерел. В економічно розвинених країнах частка енергії, виробленої на поновлюючих джерелах зростає.

Україна є енергодефіцитною державою, яка імпортує 75% природного газу та 80% нафти і нафтопродуктів. Така структура паливно-енергетичного балансу є критичною і неприйнятною з точки зору енергетичної безпеки.

Виходячи з цього, одним з основних завдань Української держави є суттєве зменшення неефективного споживання енергетичних ресурсів. Вирішити це завдання неможливо без цілеспрямованої енергетичної політики, де адекватно враховувалися б можливості України щодо власного видобутку вуглеводнів, розвитку поновлюючої енергетики і енергозбереження, переходу економіки до широкого впровадження у виробництво інновацій.

Щоб розв'язати таке завдання необхідно зосередитися на аналізі найважливіших сторін проблеми та визначити шляхи, засоби і методи її вирішення. Даний матеріал показує досягнення і складності країн Європейського Союзу у проведенні енергетичної політики в цілому і політики енергозбереження, зокрема шляхи використання європейського досвіду в умовах України.

Мета дисертації – розроблення методу побудування балансу електроенергії на основі ймовірно-статистичного підходу.

Задачі дослідження:

- Аналіз існуючих методів та способів побудови балансу споживання електричної енергії для виробничих об'єктів

- Оцінка існуючих методів побудови балансу електроспоживання
- Побудувати баланс споживання електроенергії цеху з використанням методів імітаційного моделювання
- Обґрунтування необхідності запропонованого методу

Об'єкт дослідження – ПАТ "Азот"

Предмет дослідження - спосіб побудови балансу електроенергії за допомогою ймовірно-статистичного методу.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний, експериментальний, комбінований, ймовірно-статистичний.

Наукова новизна полягає в дослідженні діючих методів побудови балансів і пошуком найкращого.

Практичне значення полягає у створенні методичних основ побудови електробалансів виробничо-господарських об'єктів з застосуванням ймовірно-статистичного методу, які дають можливість більш точно та обґрунтовано визначати структуру витратної частини балансів споживання електроенергії в умовах невизначеності вихідних даних.

Апробація результатів дисертації. Результати магістерської дисертації були викладені на III науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ та публікації наукової статті у збірнику конференції.

Структура і обсяг дисертаційної роботи складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаної літератури. Обсяг роботи становить 79 сторінки, 27 таблиць та 7 рисунків.

Ключові слова: БАЛАНС, АНАЛІЗ, МЕТОД, ПОБУДОВА, СПОЖИВАННЯ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ЕЛЕКТРОБАЛАНС.

Abstract

The topic of the master's dissertation is the probabilistic-statistical method of construction for operational balances of electricity consumption.

Today the world is trying to solve the problem of energy on the basis of new approaches, which are based on: first, improving the technological process in terms of energy consumption of production; secondly, the development of energy saving; third, the expansion of energy production through renewable sources. In economically developed countries, the share of energy produced from renewable sources is growing.

Ukraine is an energy-deficient country that imports 75% of natural gas and 80% of oil and petroleum products. This structure of the fuel and energy balance is critical and unacceptable from the point of view of energy security.

Based on this, one of the main tasks of the Ukrainian state is to significantly reduce inefficient consumption of energy resources. It is impossible to solve this problem without a purposeful energy policy, which would adequately take into account Ukraine's capabilities for its own hydrocarbon production, development of renewable energy and energy saving, the transition of the economy to the widespread introduction of innovations.

To solve this problem, you need to focus on analyzing the most important aspects of the problem and identify ways, means and methods to solve it. This material shows the achievements and complexities of the European Union in the implementation of energy policy in general and energy saving policy, in particular the ways of using the European experience in Ukraine.

The purpose of the dissertation is to develop a method of constructing the electricity balance based on the probabilistic-statistical approach.

Research objectives:

- Analysis of existing methods and ways to build a balance of electricity consumption for production facilities

- Evaluation of existing methods of building the balance of electricity consumption
- Build a balance of electricity consumption of the shop using simulation methods
- Justification of the need for the proposed method

Object of research - PJSC "Nitrogen"

The subject of research is a method of constructing the balance of electricity using the probabilistic-statistical method.

Research methods - computational-analytical, experimental, combined, probabilistic-statistical.

The scientific novelty lies in the study of existing methods of building balances and finding the best.

The practical significance lies in the creation of methodological bases for the construction of electric balances of industrial facilities using the probabilistic-statistical method, which make it possible to more accurately and reasonably determine the structure of the cost of electricity consumption balances in the uncertainty of the original data.

Approbation of dissertation results. The results of the master's dissertation were presented at the III scientific and technical conference of IEE masters and the publication of a scientific article in the conference proceedings.

The structure and scope of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions and a list of references. The volume of the work is 79 pages, 27 tables and 7 figures.

Key words: BALANCE, ANALYSIS, METHOD, CONSTRUCTION, CONSUMPTION, ELECTRICITY, ELECTRICAL BALANCE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ПОБУДОВИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ БАЛАНСІВ.....	12
1.1. Необхідність побудови енергобалансів для вирішення задач у сфері енергозбереження та енергоефективності.....	12
1.2. Енергетичні баланси, їх різновиди та форми представлення.....	13
1.3. Традиційні методи та способи побудови енергобалансів.....	18
1.4. Основні недоліки розрахунково-аналітичного методу побудови енергобалансів.....	26
1.5. Висновки.....	29
2 МЕТОДОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ПОБУДОВИ ЕЛЕКТРОБАЛАНСІВ.....	30
2.1 Традиційна методика побудови електробалансів спрощеним розрахунково-аналітичним методом та її недоліки.....	30
2.2. Основні методичні положення ймовірно-статистичного підходу до побудови балансів споживання електричної енергії.....	31
2.3. Узагальнена методика застосування ймовірно-статистичного підходу до побудови електробалансів.....	33
2.3.1. Загальний алгоритм побудови електробалансів з застосуванням ймовірно-статистичного підходу.....	33
2.3.2. Визначення інтервалів можливих значень нечітких величин на основі методів експертного опитування.....	37
2.3.3 Імітаційне моделювання псевдореальних значень нечітких виробничих показників.....	41
2.3.4. Визначення закону розподілу псевдореальних значень нечітких виробничих показників та його параметрів.....	46
2.3.5. Генерування можливих комбінацій значень нечітких виробничих показників.....	49
2.3.6. Формування розрахункових моделей електроспоживання та перевірка їх правдоподібності.....	50
2.3.7. Визначення найбільш імовірного електробалансу.....	51
2.4. Висновки.....	51
3. ПРИКЛАДИ ПОБУДОВИ ЕЛЕКТРОБАЛАНСУ ЦЕХУ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ З ЗАСТОСУВАННЯМ РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ ТА ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ.....	53

3.1. Загальна характеристика цеху та наявних вихідних даних для побудови його електробалансів	53
3.2 Побудова електробалансів цеху з використанням розрахунково-аналітичного методу	54
3.2.1. Визначення інтервалів можливих значень нечітких величин на основі методів експертного опитування.....	57
3.3 Імітаційне моделювання псевдо-реальних значень нечітких виробничих показників	59
3.4. Визначення ймовірності знаходження псевдо-реальних значень нечітких виробничих показників та його параметрів	60
3.5. Генерування можливих комбінацій значень нечітких виробничих показників	62
3.6. Формування розрахункових моделей електроспоживання цеху та перевірка їх правдоподібності	63
3.7. Визначення найбільш імовірного розрахункового електробалансу цеху ..	64
3.8. Висновки	67
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ	68
4.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проєкту	69
4.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проєкту	69
4.3. Аналіз конкурентного середовища	70
4.4. Обґрунтування ресурсного забезпечення проєкту	71
4.5 Ключові види діяльності	72
4.6. Прямі матеріальні витрати	72
4.7. Витрати на оплату праці.....	73
4.8 Інші прямі витрати	73
4.9 Канал збуту	74
4.10 Висновки до розділу	74
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76

ВСТУП

Темою магістерської дисертації є ймовірно-статистичний метод побудови для оперативних балансів споживання електроенергії.

Сьогодні світ намагається вирішувати проблему енергоносіїв на основі нових підходів, в основі яких є: по-перше, покращення технологічного процесу з точки зору енергомісткості виробництва; по-друге, розвиток енергозбереження; по-третє, розширення виробництва енергії за рахунок поновлюючих джерел. В економічно розвинених країнах частка енергії, виробленої на поновлюючих джерелах зростає.

Україна є енергодефіцитною державою, яка імпортує 75% природного газу та 80% нафти і нафтопродуктів. Така структура паливно-енергетичного балансу є критичною і неприйнятною з точки зору енергетичної безпеки.

Виходячи з цього, одним з основних завдань Української держави є суттєве зменшення неефективного споживання енергетичних ресурсів. Вирішити це завдання неможливо без цілеспрямованої енергетичної політики, де адекватно враховувалися б можливості України щодо власного видобутку вуглеводнів, розвитку поновлюючої енергетики і енергозбереження, переходу економіки до широкого впровадження у виробництво інновацій.

Щоб розв'язати таке завдання необхідно зосередитися на аналізі найважливіших сторін проблеми та визначити шляхи, засоби і методи її вирішення. Даний матеріал показує досягнення і складності країн Європейського Союзу у проведенні енергетичної політики в цілому і політики енергозбереження, зокрема шляхи використання європейського досвіду в умовах України.

Мета дисертації – розроблення методу побудування балансу електроенергії на основі ймовірно-статистичного підходу.

Задачі дослідження:

- Аналіз існуючих методів та способів побудови балансу споживання електричної енергії для виробничих об'єктів
- Оцінка існуючих методів побудови балансу електроспоживання

- Побудувати баланс споживання електроенергії цеху з використанням методів імітаційного моделювання
- Обґрунтування необхідності запропонованого методу

Об'єкт дослідження – ПАТ "Азот"

Предмет дослідження - спосіб побудови балансу електроенергії за допомогою ймовірно-статистичного методу.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний, експериментальний, комбінований, ймовірно-статистичний.

Наукова новизна полягає в дослідженні діючих методів побудови балансів і пошуком найкращого.

Практичне значення полягає в можливому впровадженні такого механізму, що призведе до зменшення додаткових витрат на виробництво електроенергії, та покращенні режимів роботи підприємства з виробництва аміаку.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ПОБУДОВИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ БАЛАНСІВ

1.1. Необхідність побудови енергобалансів для вирішення задач у сфері енергозбереження та енергоефективності

Розвиток економіки України значною мірою залежить від вирішення завдання забезпечення енергоносіями. Недостатній обсяг власних енергоносіїв змушує українську владу приймати рішення щодо значного їх імпорту. В умовах скорочення світових запасів вуглеводнів та зростання на них цін, вирішення енергетичних проблем лише за допомогою імпорту є недостатнім.

Сьогодні світ намагається вирішувати проблему енергоносіїв на основі нових підходів, в основі яких є: по-перше, покращення технологічного процесу з точки зору енергомісткості виробництва; по-друге, розвиток енергозбереження; по-третє, розширення виробництва енергії за рахунок поновлюючих джерел. В економічно розвинених країнах частка енергії, виробленої на поновлюючих джерелах зростає [1].

Україна є енергодефіцитною державою, яка імпортує 75% природного газу та 80% нафти і нафтопродуктів. Така структура паливно-енергетичного балансу є критичною і неприйнятною з точки зору енергетичної безпеки.

Виходячи з цього, одним з основних завдань Української держави є суттєве зменшення неефективного споживання енергетичних ресурсів. Вирішити це завдання неможливо без цілеспрямованої енергетичної політики, де адекватно враховувалися б можливості України щодо власного видобутку вуглеводнів, розвитку поновлюючої енергетики і енергозбереження, переходу економіки до широкого впровадження у виробництво інновацій [1].

Щоб розв'язати таке завдання необхідно зосередитися на аналізі найважливіших сторін проблеми та визначити шляхи, засоби і методи її вирішення. Даний матеріал показує досягнення і складності країн Європейського Союзу у проведенні енергетичної політики в цілому і політики енергозбереження, зокрема шляхи використання європейського досвіду в умовах України.

Ефективне використання енергії – один із інтегральних показників розвитку економіки, науки і соціокультурного розвитку нації. За цим показником Україна знаходиться у числі тих держав, де стагнація існуючого положення може спровокувати серйозну економічну кризу з наступними масштабними соціальними потрясіннями [2].

Значні енерговитрати мають місце в промисловому виробництві, особливо таких його галузях як металургія, хімічна і нафтопереробна промисловість. Частка енергії у вартості продукту тут складає 30-50%. У окремих підприємствах цей показник сягає 60%. У цілому по країні енергоємність валового внутрішнього продукту в 3-5 разів більша ніж у розвинутих країнах Заходу. А це означає, що виготовлений в Україні товар матиме значно вищу собівартість порівняно з аналогічним зарубіжним зразком. За даними Державного комітету енергозбереження наприкінці 90-их років Україна поступалася за цим показником не тільки провідним державам світу, але й найближчим нашим сусідам Польщі та РФ [1].

Для покращення економічного стану та розвитку енергетичної системи України необхідним кроком є підвищення енергозбереження та енергоефективності. Необхідним є застосування науково обґрунтованих методів управління використання енергетичних ресурсів. На функціонування енергетичної системи суттєво впливає виробничий (промисловий) сектор, який є найбільшим споживачем електричної енергії [2].

Функції управління енерговикористанням на підприємстві виконуються впровадженою системою енергоменеджменту, яка включає в себе сукупність складових.

1.2. Енергетичні баланси, їх різновиди та форми представлення

Основним методом планування та аналізу енерговикористання в промисловості є енергетичні баланси. Вони дозволяють встановлювати необхідні величини і співвідношення між споживанням, виробництвом і отриманням енергоресурсів.

Під енергобалансом розуміють систему взаємозв'язаних показників, які відображають кількісну відповідність між надходженням і використанням всіх видів енергетичних ресурсів. Він є основним узагальненим документом для комплексного аналізу використання енергоресурсів і планування заходів щодо підвищення ефективності енергоспоживання. Таким чином, розроблення енергобалансів дозволяє створити науково-технічну основу для нормалізації енергоспоживання в промисловості [3].

Існує декілька різновидів енергобалансів. Класифікують їх за двома основними ознаками.

Залежно від масштабу вирішення завдань, від об'єктів складання енергетичні баланси підрозділяються на баланси окремих агрегатів, груп агрегатів або установок і баланси окремих технологічних процесів, дільниць, цехів, промислових підприємств. У даному розділі мова піде про баланси цеху, а точніше, - баланси групи агрегатів. Ці баланси складаються з метою аналізу ефективності енерговикористання у виробництві, встановлення раціональних режимів роботи енергоустановок, а також для розроблення обґрунтованих, прогресивних норм питомої витрати енергії на одиницю продукції, яка випускається відповідними агрегатами [4].

За своїм призначенням енергобаланси підрозділяються на фактичні і планові. Фактичні баланси є звітними і відображають існуючий стан використання енергії зі всіма виправданими і невиправданими її витратами і втратами при реально досягнутих значеннях питомої витрати енергії.

Планові (перспективні) показники енергобалансу, у свою чергу, необхідно підрозділити на нормалізовані і раціональні. Нормалізовані енергобаланси розробляються на основі фактичних балансів з урахуванням прогресивних норм і нормативів втрат і корисного використання енергії. Такі енергобаланси відображають потенційно можливий рівень ефективності енергоспоживання, щодо якого виявляються резерви і намічаються заходи щодо економії енергоресурсів [3].

Раціоналізовані енергобаланси також складаються на основі фактичних балансів, але з урахуванням проведення всіх реально можливих у даних умовах виробництва заходів щодо зниження корисної витрати та інших втрат енергії.

Енергетичний баланс будь-якого вигляду містить дві частини: прибуткову і витратну. Кожна з частин балансу складається, у свою чергу, з однієї або декількох статей. Статті прибуткової частини балансу відображають види енергоресурсів і джерела їх надходження (від енергозабезпечувальної організації, від власної генеруючої установки і таке інше). Статті витратної частини балансу відображають об'єкт або напрям використання енергії, а також види її втрат. При цьому питома вага статей у загальній величині надходження або витрати енергії, виражена у відсотках, характеризує структуру відповідно прибутковій або витратній частині енергобалансу [5].

Таким чином, підбиваючи підсумки сказаному в даному розділі, потрібно ще раз підкреслити, що енергетичні баланси агрегатів і установок є одним з основних інструментів вирішення завдань енергозбереження. Зокрема, складання і аналіз енергобалансів дозволяють:

- виявити зайві втрати енергії і розробити заходи щодо їх усунення;
- визначити напрями реконструкції морально і фізично застарілого обладнання;
- обґрунтувати вибір найбільш економічних видів і параметрів енергоносіїв, використаних у виробничих процесах;
- обґрунтувати величину і режими енергоспоживання;
- вибрати раціональні схеми енергопостачання установок та ін.

Проте необхідно відмітити, що єдиної методики складання та аналізу фактичних енергобалансів агрегатів і установок, а також методики оцінки і нормалізації втрат енергії в агрегатах до сьогодні практично не існує. Це, безумовно, дуже ускладнює практичне вирішення питань енергозбереження у виробництві [6].

Відповідно до Проекту Закону України "Про енергетичний баланс України" від 6 грудня 2011 року за № 9538, енергетичний баланс - це система показників, яка відображає кількісну рівність між прибутком і витратою енергії

та характеризує структуру виробництва і використання енергії в економіці, співвідношення між потребою в паливі у межах відповідної територіальної чи виробничої одиниці (країни, області, галузі, підприємства тощо) та його використанням за певний період часу [7].

В статті 4 проекту визначені принципи розробки (формування), моніторингу, прогнозування та економічного аналізу енергетичного балансу України.

Згідно статті 5 проекту зведений енергетичний баланс України характеризує рух фізичних обсягів енергоресурсів на стадіях виробництва (видобутку), транспортування, переробки та кінцевого споживання, поєднує енергетичні баланси регіонів України (підприємств, установ і організацій усіх форм власності), баланси виробництва і споживання первинних видів продукції паливно-енергетичного комплексу і надає характеристику виробництва, постачання, перетворення та кінцевого споживання енергоресурсів у державі. Баланси виробництва і споживання окремих видів продукції паливно-енергетичного комплексу (продуктивної бази) характеризують обсяги виробництва (видобутку) та споживання у розрізі енергоресурсів: вугілля, сирої нафти, нафтопродуктів, природного газу, ядерної енергії, гідроенергії, вітрової, сонячної, геотермальної та інших, спалювані відновлювані джерела та відходи, електроенергія, теплова енергія. Енергетичний баланс складатиметься із звітнього і прогнозного енергетичного балансу. Звітний енергетичний баланс формуватиметься щороку уповноваженим органом виконавчої влади у сфері статистики за участю заінтересованих центральних та місцевих органів виконавчої влади з використанням статистичної інформації, зібраної в установленому порядку, та адміністративних даних про запаси і потоки усіх видів енергоресурсів від виробництва (добування), надходження, транспортування, зберігання, розподілу до кінцевого споживання (використання) енергоресурсів (включаючи витрати та втрати при їх транспортуванні, перетворенні, зберіганні і залишки). У такому балансі всі види енергії виражені в загальній одиниці обліку і відображають взаємозв'язок між витратами. Прогнозний енергетичний баланс формуватиметься на коротко- (1

рік), середньо- (5 років) та довгострокову (10 - 30 років) перспективу за участі заінтересованих центральних та місцевих органів виконавчої влади, науково-дослідних установ на підставі даних звітного енергетичного балансу, статистичної інформації та адміністративних даних про виробництво, споживання, експорт та імпорт енергоресурсів. При його формуванні враховуватимуться потреби, прогнози постачання та споживання енергоресурсів, застосовуються сучасні технології прогнозування економічного і соціального розвитку держави відповідно до законодавства [8].

Відповідно до статті 6 законопроекту методологія розробки (формування) енергетичних балансів України має передбачати:

- використання натуральних показників кількості щодо виробництва і споживання окремих видів продукції паливно-енергетичного комплексу;
- використання показника теплотворної спроможності енергоносіїв та єдиної одиниці виміру енергетичних величин. В якості такої єдиної одиниці приймається 1 т нафтового еквіваленту для перерахування обсягів палива та енергії з натуральних одиниць в умовні відповідно до коефіцієнтів теплотворної спроможності палива і механізму доведення зазначених розрахунків до підприємств, установ та організацій;
- обчислення у грошовому еквіваленті показників виробництва (видобування), надходження, транспортування, зберігання, розподілу та споживання (використання) енергоресурсів (включаючи витрати та втрати при їх транспортуванні, перетворенні, зберіганні і залишки), імпорту та експорту енергоносіїв.

Законопроект спрямований на:

- встановлення правових, економічних та організаційних засад розробки (формування), моніторингу, економічного аналізу та прогнозування енергетичного балансу України;
- посилення енергетичної безпеки України;
- підвищення енергоефективності соціально-економічного розвитку держави [3].

1.3. Традиційні методи та способи побудови енергобалансів

Єдиної методики побудови та аналізу фактичних електричних балансів, а також оцінки і нормалізації корисних витрат та втрат енергії на сьогодні практично не існує. Найбільш достовірну інформацію для побудови електробалансів можна отримати за допомогою наявних приладів обліку. Саме тому можливість та доцільність застосування тих чи інших методів побудови електробалансів в першу чергу залежить від рівня охоплення підприємства приладами обліку.

Методи побудови електробалансів:

1. Експериментальний метод. Цей метод ґрунтується на випробуваннях обладнання, на основі яких вимірюються підведена потужність до агрегату та параметри основного енергетичного потоку й усіх відгалужених енергопотоків. При цьому продуктивність агрегату підтримується на заданому рівні. Такі випробування проводять за декількома значеннями продуктивності агрегату і в результаті отримують ряд електричних балансів. На думку авторів, цей метод побудови балансів споживання електричної енергії є найбільш точним [9].

2. Розрахунковий метод. Для використання цього методу корисну складову витрати електроенергії і окремі втрати розраховують на основі фізико-хімічних залежностей та емпіричних формул [9].

3. Комбінований метод. Цей метод є найбільш універсальним, оскільки корисна складова витрати електроенергії визначається за допомогою відповідних розрахунків, а втрати – експериментальним та розрахунковим шляхом [9].

4. Статистичний метод. Використовується не для отримання балансів, а для побудови енергетичних характеристик середніх значень підведеної потужності залежно від середньої продуктивності за відповідні періоди [9].

На підприємствах з сучасними та розгалуженими автоматизованими системами обліку енергоспоживання, побудова достовірних енергобалансів та подальший контроль енергоефективності може виконуватися автоматично, причому з будь-якою періодичністю. На необхідності встановлення автоматизованих систем, які дозволять виконувати повний, точний і

оперативний облік, а також управляти енергоспоживанням технологічних агрегатів в диспетчерському режимі наголошується, зокрема, в [10].

Експериментальний метод полягає у визначенні норм на підставі даних, одержаних в результаті експериментальних вимірювань та прогнозу зменшення їх споживання з урахуванням оціненого потенціалу енергозбереження та підвищення енергоефективності. Наявність автоматизованої системи моніторингу, збору і обробки даних є базовою умовою для використання цього методу, а режими роботи технологічного обладнання повинні відповідати нормативним, технологічний процес повинен проводитись у відповідності до регламентів та режимних карт. Розрахунково-статистичний метод полягає у визначенні питомих норм на основі використання статистичних даних про фактичні витрати ПЕР та про значення чинників, що впливають на величину їх питомих витрат. Комбінований метод поєднує у собі експериментальний та розрахунково-аналітичний методи визначення норм питомих витрат ПЕР і дає можливість одержати обґрунтовані індивідуальні норми витрат з урахуванням особливостей технологічних процесів [9].

В роботі [19] розглядається питання систем автоматизованої побудови балансів, моніторингу та аналізу енергоспоживання технологічного обладнання на сучасних підприємствах методами обробки потоків подій з двома компонентами: стандарту для збору та обміну даними (MT. Connect SM.) та Комплексу Обробки Подій для обробки даних. Недоліком зазначеної, а також подібних їй систем, є необхідність наявності значної кількості сучасних приладів обліку та складність організації та синхронізації збору даних.

Визначенню статей електробалансів на рівні підприємства, на рівні його підрозділів та окремих агрегатів за допомогою сучасних приладів обліку присвячена робота [15]. Автори проводять аналіз перешкод, що виникають при організації такого обліку. Зокрема, основною перешкодою для широкого впровадження відповідних високоточних вимірювальних комплексів автори вважають їх високу вартість.

Для зменшення вартості визначення величин енергоспоживання технологічного обладнання в провідних країнах світу прийнято, ще на стадії його

виробництва оснащувати таке обладнання відносно дешевими вимірювальними засобами (сенсорами, датчиками). Основна ідея такого підходу наводиться в роботі [13]. Для визначення параметрів споживання електроенергії автори використовують сенсори, встановлені безпосередньо у електродвигунах технологічного обладнання. Шляхом подальшої обробки інформації, отриманої від таких сенсорів, за емпіричними формулами визначається обсяги споживання електроенергії агрегатами, на основі яких будуються електробаланси відповідних виробничих об'єктів та здійснюється подальший контроль їх енергоефективності [11].

На більшості промислових підприємств України прилади та системи обліку електроспоживання встановлені лише на межі балансової належності електричних мереж підприємства та електропередавальної організації і виконують функції комерційного обліку. Таким чином, на вітчизняних підприємствах, здебільшого, наявною є достовірна інформація лише про загальні обсяги електроспоживання на цьому виробничому об'єкті, але яким чином сумарний об'єм споживання електроенергії розподіляється між підрозділами підприємства та між кінцевими споживачами (агрегатами, машинами, установками) фактично є невідомим. Зважаючи на це, визначення витратної структури енергобалансів здійснюється іншими, менш об'єктивними методами [10].

Засновниками існуючої на Україні теорії побудови енергобалансів та подальшого нормування енергоспоживання, є такі видатні вчені, як А.А Тайц, І.В. Гофман, Б.Н. Авілов-Карнаухов, Волобринский С.Д. В їх роботах закладені основні принципи побудови електробалансів, їх аналізу та оптимізації за допомогою математичних методів.

Згідно з нормативними документами [17] методами, які традиційно застосовуються для побудови електробалансів є: експериментальний, розрахунково-аналітичний та комбінований.

При використанні експериментального методу статті електробалансів визначаються за допомогою тимчасово встановлених вимірювальних приладів при характерних режимах роботи обладнання [25]. Як правило, відповідні

вимірювання здійснюються нетривалий час. Крім того, виконання експериментальних вимірювань може потребувати зміни режимів роботи обладнання, що в свою чергу може негативно впливати на виробничий процес. Автори [12] пропонують визначати величини, необхідні для розрахунку електричних балансів з характерних профілів навантаження обладнання отриманих шляхом короткострокових вимірювань. Для визначення статей електробалансів в [16] запропоновано використовувати метод вимірювання непрямих величин, а саме струму і коефіцієнту використання. Не зважаючи на широке застосування експериментального методу побудови балансів, конкретної методики яка б описувала, яким чином необхідно виконувати відповідні вимірювання, в літературних джерелах не наводиться. Не є винятком і методичні положення [7], які використовуються в вітчизняній практиці, та [16], розроблені за кордоном. Зокрема, під час застосуванні експериментального методу побудови електробалансів залишається низка невизначених питань, а саме:

1. Яким чином необхідно організовувати проведення експериментів при великій кількості технологічного обладнання на підприємстві;
2. Якою повинна бути тривалість експериментальних вимірювань;
3. Як потрібно оцінювати похибки вимірювань;
4. Яким чином необхідно коригувати в електробалансі експериментальні дані, отримані в різні періоди часу.

Зрозуміло, що при значній кількості технологічного обладнання на підприємстві використання експериментального методу побудови балансів потребує невиправдано великих витрат часу та ресурсів. Таким чином зазначений підхід далеко не завжди дозволяє отримати електробаланси виробничо-господарських об'єктів і тому на практиці використовується досить рідко.

При застосуванні розрахунково-аналітичного способу побудови електричних балансів, електроспоживання технологічних агрегатів визначається на основі аналітичних або емпіричних залежностей [18]. Відповідні залежності відображають взаємозв'язок між споживанням електричної енергії та технологічними параметрами роботи агрегатів. Необхідні для розрахунків

залежності можуть бути знайдені для кожного окремого виду обладнання у довідковій літературі, інструкціях з експлуатації, паспортах обладнання або визначенні на основі експериментів, статистичних даних тощо. Проблеми побудови електричних балансів з використанням емпіричних залежностей, на конкретному виробничому підприємстві описані в роботі [18].

Першочерговою проблемою при використанні розрахунково-аналітичного методу є пошук та вибір аналітичних залежностей для кожного виду обладнання. На великих підприємствах з великою кількістю технологічного обладнання пошук залежностей, як правило потребує значної дослідницької роботи. Для деяких видів обладнання аналітичні залежності є добре відомими і наводяться в довідковій літературі. Однак також існують агрегати для яких пошук в загальнодоступних джерелах може не дати бажаних результатів.

Необхідно також звернути увагу, що в більшості емпіричних залежностей фігурують певні коефіцієнти, що наводяться в вигляді ряду можливих значень або певних інтервалів. Наприклад в [16] зазначається, що згідно ДСТУ 3886-99 мінімальна величина коефіцієнта завантаження електродвигунів у режимі роботи S1 для розрахунку статей електробалансів може прийматися 0,4 ... 0,5. Як показує практика обране значення коефіцієнту (наприклад, максимальне або мінімальне) суттєво впливає на кінцевий результат. Крім того, коефіцієнти, наведені у літературних джерелах, були визначені експериментальним шляхом для певного обладнання. Відповідні дослідження проводилися багато років тому. Зважаючи на зміну технічних характеристик агрегатів в процесі експлуатації, впровадження у виробничий процес нових марок обладнання, довідникові коефіцієнти в емпіричних залежностях не завжди дозволяють адекватно відтворити величину споживання електроенергії агрегатами [14].

В Україні для побудови електричних балансів в більшості галузевих методик пропонується використовувати спрощений розрахунково-аналітичний метод [90]. Використання даного методу передбачає визначення споживання електроенергії кожним конкретним видом обладнання за наступною формулою:

$$W = P_{\text{вст.і}} \times k_{\text{з.і.}} \times T_{\text{і.}} \quad (1.1)$$

де $P_{\text{вст},i}$ — встановлена потужність i -го виду обладнання; $k_{3,i}$ — середній коефіцієнт завантаження обладнання; T_i — тривалість роботи цього обладнання протягом відповідного періоду.

Для того щоб отримати об'єктивний електричний баланс в такий спосіб, необхідно знати точні значення $k_{3,i}$ та T_i . Проте на більшості підприємств облік цих показників не ведеться. Тому в зазначених умовах побудова балансів здійснюється з використанням довідкової літератури, де відповідні параметри наведені в вигляді широких інтервалів можливих їх значень [25]. Практичних рекомендацій, які саме значення цих величин необхідно приймати, не існує. В залежності від обраних числових значень відповідних показників на одному й тому ж об'єкті можна отримати принципово відмінні електробаланси. Зважаючи на це, електричні баланси, побудовані із застосуванням спрощеного розрахунково-аналітичного методу, здебільшого не можна вважати достатньо достовірними та точними.

Комбінований підхід поєднує експериментальний та розрахунково-аналітичний методи. У разі їх застосування статті електробалансів отримані за допомогою одного методу доповнюються або уточнюються шляхом використання іншого [18]. Зрозуміло, що такий метод має ряд очевидних переваг. Однак, в літературних джерелах не має точної інформації стосовно того, де і яким чином необхідно виконувати уточнення отриманих результатів змішаним методом. Крім того, у випадку коли два методи дають принципово різні результати, визначити той, результати застосування якого є більш достовірними, буває досить складно.

В роботі [3] розглянуто ймовірнісний підхід до побудова енергетичних балансів. При цьому автор наголошує, що процеси енергоспоживання на більшості підприємств не є детермінованими і їх необхідно розглядати як випадкові. Особливу увагу в роботі приділено математичному опису енергоспоживання, в вигляді безперервних в часі марковських процесів. Запропонований в [13] ймовірнісно-статистичний підхід дозволяє будувати електробаланси, враховуючи змінний та випадковий характер споживання електроенергії та інших вихідних параметрів. Даний підхід базується на

застосуванні експертних методів, методів теорії ймовірності та математичної статистики. Ймовірісно-статистичних метод побудови балансів споживання електричної енергії дозволяє визначати більш достовірні та обґрунтовані електробаланси, ніж спрощений розрахунково-аналітичний метод [14]. Однак, не зважаючи на переваги ймовірісно-статистичного підходу, він має і певні недоліки які потребують усунення. Зокрема, основними недоліками відомих методик використання такого підходу є:

- Застосування спрощених методів визначення найбільш ймовірної структури витратної частини електробалансів;
- Недостатня технічна та технологічна обґрунтованість побудованих електробалансів.

Застосування математичного апарату нечіткої логіки з метою зменшення невизначеності структури енергоспоживання в виробничих системах розглянуто в роботі [16]. У роботі [15] запропоновано використовувати методи дискретного моделювання подій (DiscreteEventSimulation (DES)) з метою визначення енергоспоживання технологічного обладнання та енергетичної ефективності. Методологію сегментації технологічних процесів на блоки зі специфічним споживанням електроенергії запропоновано в [18]. Відповідні блоки описують енергоспоживання певного режиму роботи обладнання для виконання конкретної виробничої задачі. Енергоспоживання кожного блоку описується часовими рядами. Таким чином автор пропонує отримувати певні планові значення статей енергобалансів.

Питання визначення споживання електроенергії основним обладнанням з сумарного графіку навантаження, тобто визначення статей електробалансу, досліджували автори роботи [16]. Зазначену задачу автори вирішують шляхом визначення профілів споживання електроенергії технологічного обладнання методами розпізнавання образів з використанням генетичних алгоритмів. Формування різноманітних профілів споживання електроенергії обладнання здійснюється за допомогою інформації, отриманої з сенсорів.

При виборі методу, що буде застосовуватися для визначення структури витратної частини електробалансів виробничих об'єктів в першу чергу повинні бути враховані особливості відповідного промислового підприємства.

Зокрема, здебільшого, вітчизняним підприємствам притаманні наступні особливості, що значно ускладнюють задачу побудови електробалансів:

- багаторівневі та розгалужені системи електропостачання;
- велика кількість різноманітного технологічного обладнання, яке використовується в різних режимах;
- виробництво продукції широкого та нестійкого асортименту;
- вплив різноманітних факторів на обсяги електроспоживання технологічних об'єктів;
- випадковий характер обсягів електроспоживання і чинників, що на нього впливають;
- недостатня кількість приладів обліку та статистичних даних про електроспоживання;
- неповні та нечіткі вихідні дані про виробничі показники та технічні характеристики обладнання.

Зважаючи на зазначені особливості вітчизняних підприємств та наведені вище недоліки традиційних методів побудови електричних балансів, можна стверджувати, що їх засновування не дозволяє будувати достатньо обґрунтовані та достовірні електробаланси виробничих об'єктів. Таким чином, існує необхідність в подальшому удосконаленні методів побудови електробалансів та пошуку нових більш достовірних підходів вирішення зазначеної задачі. Зокрема, достовірність та обґрунтованість електричних балансів, що складаються на вітчизняних підприємствах з використанням існуючих методів, може бути досягнута шляхом удосконалення та подальшого розвитку методичних засад побудови електробалансів з застосуванням ймовірісно-статистичного підходу, яких дозволяє значним чином враховувати особливості вітчизняних підприємств і має низку суттєвих переваг у порівнянні з іншими методами [8].

1.4. Основні недоліки розрахунково-аналітичного методу побудови енергобалансів

Автори у працях [8;25] надавали перевагу експериментальному, розрахунковому, комбінованому та статистичному методам побудови електричних балансів.

Теоретично для побудови електробалансів будь-яких технологічних чи виробничо-господарських об'єктів можуть бути застосовані експериментальний, розрахунково-аналітичний або комбінований методи, останній з яких являє собою поєднання двох попередніх [4,25].

Найбільш точно електробаланси виробничих об'єктів (машин, установок, агрегатів, окремих технологічних процесів, підприємств, їх підрозділів тощо) можуть бути отримані експериментальним методом. Однак застосування цього методу для отримання енергетичних балансів підприємств є просто неможливим, оскільки у цьому випадку мова йде про необхідність проведення синхронізованих у часі вимірювань у багатьох десятках чи навіть сотнях пунктів.

Тому про використання експериментального методу для побудови енергобалансів виробничо-господарських об'єктів мова може йти лише у тому випадку, якщо підприємство, організація чи установа має розгалужену систему технічного обліку енергоспоживання, зокрема відповідну автоматизовану систему обліку. Проте на сьогоднішній день переважна частина господарських об'єктів таких систем обліку не має.

Найбільш реальним для побудови енергобалансів різних виробничих об'єктів традиційно вважається комбінований метод. Однак практичне застосування цього методу також є суттєво обмеженим, зокрема, через неможливість отримання з зазначених вище причин необхідних експериментальних даних.

Таким чином, для побудови балансів споживання електричної енергії для різних виробничо-господарських об'єктів зараз фактично використовується лише один метод - розрахунково-аналітичний. При використанні цього методу обсяги споживання електричної енергії для більшості установок та агрегатів на практиці визначаються за спрощеною розрахунковою формулою, тобто як

добуток їх номінальної потужності на коефіцієнт завантаження і на тривалість роботи у відповідному періоді. Очевидно, що застосування такої спрощеної розрахункової формули не тільки не дозволяє враховувати конкретні умови та режими роботи обладнання на тому чи іншому підприємстві, але й створює низку додаткових проблем, що виникають при нормалізації питомих витрат електричної енергії [2, 3].

Зокрема, коефіцієнт завантаження та тривалість роботи обладнання, що використовуються в зазначеній спрощеній формулі, здебільшого являють собою невизначені параметри, числові значення яких необґрунтовані відповідними експериментальними вимірюваннями, розрахунками або технологічною документацією. Таким чином, на сьогоднішній день баланси споживання електричної енергії виробничо-господарських об'єктів, що складаються з використанням розрахунково-аналітичного методу, фактично будуються в умовах невизначеності та неточності вихідних даних.

При цьому числові значення коефіцієнтів завантаження кожного з видів обладнання при побудові електробалансів, як правило, визначаються на основі відповідної довідкової літератури. Однак зрозуміло, що довідкові коефіцієнти є середньостатистичними величинами і здебільшого не відповідають конкретним виробничим умовам того чи іншого підприємства; до того ж їх величини наводяться у досить широкому діапазоні. Очевидно, що прийняття різних можливих значень довідкових коефіцієнтів завантаження (наприклад, мінімальних або максимальних) дуже помітно впливає на результати розрахунку обсягу споживання електроенергії того чи іншого виду обладнання. Тому необхідна точність побудови балансу споживання електроенергії на об'єкті досягається шляхом виконання численних ітеративних розрахунків, в ході яких підбираються найбільш достовірні значення коефіцієнтів завантаження відповідних установок чи агрегатів [6].

Те ж саме стосується тривалості роботи устаткування, достовірні значення якої також визначаються шляхом підбору. Очевидно, що при такому підході не можна очікувати, що прийняті в результаті ітеративних розрахунків значення

коефіцієнтів завантаження та тривалості роботи кожного з видів обладнання відповідатимуть їх реальним величинам.

Отже, можна сказати, що електробаланси виробничо-господарських об'єктів, одержані розрахунково-аналітичним методом, в дійсності являють собою не фактичні чи планові баланси, а деякі їх розрахункові моделі, причому процедура побудови таких моделей не є чітко визначеною і значною мірою має суб'єктивний характер.

Зазначені обставини призводять до того, що при достатньо хорошому збігу розрахункового та фактичного обсягів споживання електроенергії по господарському об'єкту в цілому розподіл загального електроспоживання між підрозділами та окремими видами обладнання здебільшого виявляється суттєво спотвореним і не відповідає реальній структурі витратної частини фактичного електробалансу. Тобто, одержані таким чином розрахункові моделі балансів споживання електричної енергії виробничо-господарських об'єктів не є достатньо адекватними їх реальним балансам [15].

Таким чином, цілком очевидно, що в існуючих умовах удосконалення і подальший розвиток методів побудови балансів споживання електричної енергії на господарських об'єктах є задачею важливою і актуальною. Не менш очевидно також, що для об'єктів, не оснащених автоматизованими системами обліку споживання електроенергії, мова може йти про удосконалення методів побудови розрахункових моделей їх електробалансів. При цьому перш за все необхідно розробити певну об'єктивну процедуру побудови таких моделей, яка була б достатньо обґрунтованою і дозволяла визначати найбільш реальну структуру витратної частини балансів електроспоживання.

Для побудови електричного балансу витратної частини енергоємних агрегатів, цехів та підприємств можуть бути застосовані два методи [25]:

- розрахунковий (передбачає визначення витрати електроенергії на технологічні потреби та всіх інших втрат за формулами, в яких використовуються нормативні дані обладнання в конкретних умовах його експлуатації та емпіричні формули);

– експериментальний (ґрунтується на проведенні спеціальних випробувань для визначення статей витратної частини електричного балансу).

Отже, одним з доцільних напрямів удосконалення методології побудови балансів споживання електроенергії слід вважати використання методів отримання більш об'єктивної та обґрунтованої вихідної інформації, зокрема методів збору та оброблення необхідних статистичних даних. Оскільки електроспоживання виробничих об'єктів значною мірою має випадковий характер, а їх електробаланси складаються в умовах невизначеності вихідних даних, можливість поліпшення результатів побудови електробалансів виробничих об'єктів необхідно шукати в застосуванні ймовірісно-статистичних методів [10–12; 14; 15].

1.5. Висновки

1. Одним із перспективних напрямів розвитку методів складення балансів споживання електричної енергії є застосування з цією метою ймовірісно-статистичних методів, які, на відміну від розрахунково-аналітичного методу, здатні на підставі відповідних звітно-статистичних даних забезпечити побудову достатньо достовірних та обґрунтованих електробалансів, що, у свою чергу, дасть змогу здійснювати більш об'єктивний контроль та аналіз ефективності використання електроенергії у суспільному виробництві.

2 МЕТОДОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ПОБУДОВИ ЕЛЕКТРОБАЛАНСІВ

2.1 Традиційна методика побудови електробалансів спрощеним розрахунково-аналітичним методом та її недоліки

Сучасні вимоги до проблеми енергозбереження та підвищення енергоефективності значно зросли, що вимагає проведення розробки та істотного аналізу методів оцінювання показників норм питомої витрати електроенергії. Основним методичним принципом формування норм для різних рівнів управління є їх послідовна агрегація (укрупнення) знизу догори. Норми питомих витрат ПЕР визначаються прямим розрахунком з урахуванням рівня фактично досягнутих норм і можуть бути визначені шляхом застосування наступних методів: розрахунково-аналітичного, експериментального, розрахунково-статистичного та комбінованого [19].

Розрахунково-аналітичний метод передбачає визначення норм питомих витрат ПЕР шляхом визначення реального споживання у відповідності до технологічної структури споживання на основі прогресивних показників та прогнозу їх зменшення з урахуванням оціненого потенціалу енергозбереження та підвищення енергоефективності.

Групові норми питомих витрат ПЕР визначаються, як правило, розрахунково-аналітичним методом як середньозважені групові показники на підставі індивідуальних норм та розрахунково-статистичним методом.

Отримавши необхідну кількість вихідних (статистичних) даних наданих хімічним підприємством з виробництва аміаку виконаєм розрахунок електробалансу за спрощеним розрахунково-аналітичним методом.

Для цього нам необхідно використати надані підприємством: встановлену потужність компресорів, їхню тривалість роботи та коефіцієнти використання, знайдені із довідника Федорова, завдяки чому розраховано споживану кількість електроенергії цехом.

Розрахунок проводитиметься у розділі 3.3.1 за даною формулою:

$$W = P_{\text{вст.}} \times t \times k_{\text{вик.}} \quad (2.1)$$

W – кількість спожитої електроенергії одним компресором;

$P_{\text{вст.}}$ – встановлена потужність компресору;

t – тривалість роботи компресору;

$k_{\text{вик.}}$ – коефіцієнт використання компресору.

Виконавши аналогічно даний розрахунок для всіх компресорів ми отримаємо баланс споживання як для кожного компресору так і сумарну кількість спожитої електроенергії для даного цеху.

Після чого можна зробити певний висновок наскільки відрізняються фактичні дані із балансом споживання отриманим за допомогою спрощеного розрахунково-аналітичного методу.

В ході розрахунку фактичні дані та розрахункові було співставленню і встановлено похибку як для кожного компресору (від 4%-8760%) так і для добового сумарного споживання електроенергії всього цеху (4,69%).

На підставі детального аналізу застосування розрахунково-аналітичного методу для побудови балансу споживання електроенергії можна зробити висновок, що розрахунково-аналітичний метод, який застосовують здебільшого для отримання та аналізу електробалансів виробничо-господарських об'єктів, не дає змоги оцінювати та контролювати ефективність використання електричної енергії з прийнятною точністю. Однією з основних причин низької якості побудови електробалансів існуючими методами є недостатньо обґрунтовані та достовірні вихідні дані, отримані переважно на основі суб'єктивних уявлень відповідних фахівців [10; 11].

2.2. Основні методичні положення ймовірісно-статистичного підходу до побудови балансів споживання електричної енергії

Ідея використання для побудови балансів споживання електричної енергії виробничо-господарських об'єктів саме ймовірісно-статистичних методів ґрунтується на тому, що традиційний розрахунково-аналітичний метод не враховує змінного характеру як вихідних даних, так і обсягів

електроспоживання, а також випадкового характеру зміни цих величин. Цілком природно, що для отримання більш точних та достовірних електробалансів господарських об'єктів можна й доцільно застосовувати саме методи теорії ймовірності та математичної статистики[17–19].

Основною проблемою побудови балансів споживання електричної енергії виробничих об'єктів є визначення структури їх витратної частини, тобто складу та величин корисної витрати та втрат електричної енергії [10; 12].

Натепер більшість вітчизняних підприємств, організацій та установ не мають достатньо розгалужених систем технічного обліку споживання електричної енергії. Отже, єдиним достовірним джерелом інформації про електроспоживання на таких об'єктах є дані комерційного обліку електроенергії. Ці дані можуть бути отримані за будь-які попередні періоди і являють собою досить точну та достовірну кількісну оцінку надходження електричної енергії на об'єкт. Таким чином, що ж до структури витратної частини електробалансу, то вона, як правило, є невідомою.

Однак для будь-якого господарського об'єкта завжди відомими є склад будівель та споруд, що належать до нього, виробнича структура об'єкта (тобто склад дільниць, цехів та інших підрозділів), а також схема електропостачання основних споживачів електричної енергії. Таким чином, можна вважати, що для будь-якого виробничо-господарського об'єкта завжди відомий детальний склад статей витратної частини електробалансу, тобто основні напрями корисного споживання та втрат електричної енергії. Таким чином, невідомою фактично залишається кількісна оцінка статей витратної частини електробалансу.

Очевидно, що споживання електричної енергії за кожним його напрямом здійснюється передусім для виробництва тієї чи іншої продукції, виконання певної роботи чи надання послуг. Причому на будь-якому господарському об'єкті завжди досить точно визначають і реєструють обсяги виробництва продукції чи виконання робіт всіма підрозділами і навіть окремими технологічними установками.

Отже, визначення досить обґрунтованих і точних балансів споживання електричної енергії на виробничих об'єктах доцільне і може базуватися на використанні зазначеної звітно-статистичної інформації.

2.3. Узагальнена методика застосування ймовірісно-статистичного підходу до побудови електробалансів

2.3.1. Загальний алгоритм побудови електробалансів з застосуванням ймовірісно-статистичного підходу

Невідомі значення обсягів споживання електричної енергії у кожному з підрозділів, необхідні для побудови балансу споживання електричної енергії підприємства, є випадковими величинами, на які, крім кількості виробленої продукції, впливають численні інші чинники (технічний стан та режими роботи обладнання, параметри технологічних процесів, кліматичні умови виробництва тощо). Тому за умови використання ймовірісно-статистичного підходу до побудови електробалансів виробничо-господарських об'єктів можна визначити лише максимальні й мінімальні значення обсягів споживання енергії кожним з підрозділів підприємства [19].

Якщо фактичне споживання електроенергії тим чи іншим підрозділом або окремим обладнанням як випадкова величина має нормальний закон розподілу, межі такого довірчого інтервалу для деякого i -го підрозділу (чи агрегату) можна визначати за формулами:

$$W_{\max i} = M_{W_i} + t_{1-\alpha} \sigma_{W_i}; \quad (2.2)$$

$$W_{\min i} = M_{W_i} - t_{1-\alpha} \sigma_{W_i},$$

де M_{W_i} – математичне сподівання величини обсягу споживання електроенергії для i -го підрозділу (або агрегату), яке визначається як середнє значення за наявною вибіркою фактичних обсягів електроспоживання;

σ_{W_i} – середньоквадратичне відхилення фактичних величин електроспоживання від їх середнього значення (визначається за тією ж наявною вибіркою фактичних обсягів електроспоживання);

$t_{1-\alpha}$ – квантиль порядку $1-\alpha$ для стандартного гаусового розподілу.

Можна стверджувати, що з імовірністю α фактичний обсяг електроспоживання для i -го підрозділу господарського об'єкта (або окремого агрегату) міститься в інтервалі:

$$W_{\min i} < W_i < W_{\max i}. \quad (2.3)$$

У межах встановлених довірчих інтервалів, для визначення достовірних обсягів споживання електричної енергії виробничими підрозділами необхідно згенерувати серію можливих варіантів (альтернатив) величин їх електроспоживання.

Загальний діапазон можливих значень електроспоживання (2.3), визначений для відповідного підрозділу, необхідно розділити на певну кількість інтервалів. Імовірність появи будь-якої альтернативи споживання електричної енергії, які містяться в тому чи іншому інтервалі, розраховується за формулою [15]

$$p_i = \Phi \left(\frac{W_{i,j} - M_{W_i}}{\sqrt{\sigma_{W_i}^2}} \right) - \Phi \left(\frac{W_{i,j-1} - M_{W_i}}{\sqrt{\sigma_{W_i}^2}} \right), \quad (2.4)$$

де $\Phi \left(\frac{W_{i,j} - M_{W_i}}{\sqrt{\sigma_{W_i}^2}} \right)$ і $\Phi \left(\frac{W_{i,j-1} - M_{W_i}}{\sqrt{\sigma_{W_i}^2}} \right)$ – числові значення інтеграла Лапласа

[15] для верхньої та нижньої меж відповідного інтервалу можливих значень електроспоживання підрозділу.

Беручи до уваги, що загальне споживання електричної енергії підприємством – це сума обсягів її споживання за всіма підрозділами (або для підрозділу – це сума обсягів електроспоживання окремих агрегатів), та комбінуючи різні альтернативи електроспоживання цих підрозділів, можна

отримати серію можливих обсягів електроспоживання господарського об'єкта (підприємства чи його підрозділу) в цілому:

$$\begin{aligned} W_{11} + W_{21} + \dots + W_{n1} &= W_{1\Sigma}^p, \\ W_{12} + W_{22} + \dots + W_{n2} &= W_{2\Sigma}^p, \\ W_{13} + W_{23} + \dots + W_{n3} &= W_{3\Sigma}^p, \\ &\dots \\ W_{1m} + W_{2m} + \dots + W_{nm} &= W_{m\Sigma}^p, \end{aligned} \quad (2.5)$$

де W_{ij} – можливий (альтернативний) обсяг споживання електроенергії i -м підрозділом підприємства або i -тою одиницею обладнання у його підрозділі ($i = 1, 2, \dots, n$) у j -му періоді, наприклад, місяці, добі чи годині ($j = 1, 2, \dots, m$);

$W_{j\Sigma}^p$ – розрахунковий обсяг споживання електроенергії по підприємству в цілому (або у його підрозділі) в j -му періоді (можливий варіант загального електроспоживання).

Деякі отримані варіанти загального електроспоживання господарського об'єкта не є правдоподібними, оскільки вони істотно відрізняються від одержаних за приладами обліку фактичних обсягів споживання електричної енергії на підприємстві (або у його підрозділі). Тобто для цих варіантів виконується нерівність:

$$\frac{|W_{j\Sigma}^p - W_{j\Sigma}^\phi|}{W_{j\Sigma}^\phi} \cdot 100 \geq \Delta, \quad (2.6)$$

де $W_{j\Sigma}^\phi$ – фактичний обсяг споживання електроенергії в j -му періоді по підприємству в цілому (або у його підрозділі), визначений за приладами обліку; Δ – заздалегідь встановлене припустиме відхилення розрахункового значення загального електроспоживання від його фактичної величини.

Такі варіанти загального електроспоживання відразу треба виключити з подальшого розгляду. Для тих можливих розрахункових значень загального споживання електроенергії на підприємстві (або у його підрозділі), які несуттєво відрізняються від його фактичної величини (нерівність (2.6) не виконується),

визначається ймовірність появи відповідної комбінації альтернатив обсягів електроспоживання кожного з підрозділів (або окремих агрегатів).

Оскільки поява кожної з можливих альтернатив обсягу споживання електричної енергії підрозділами, що входять до відповідного варіанта загального електроспоживання господарського об'єкта, є незалежними подіями, сумісна ймовірність виникнення того чи іншого результату (тобто варіанта загального електроспоживання підприємства чи його підрозділу) визначається [16; 17] так:

$$P_c = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n, \quad (2.7)$$

де p_i – ймовірності появи кожної альтернативи споживання електроенергії підрозділами підприємства або окремими агрегатами.

Таким чином, різні комбінації обсягів споживання електроенергії за підрозділами підприємства або за окремими агрегатами можуть бути ранжирувані за сумісною ймовірністю виникнення можливих варіантів загального електроспоживання підприємства чи його підрозділу. При цьому можна стверджувати, що варіант загального електроспоживання підприємства (або його підрозділу), який має найбільшу сумісну ймовірність його появи, відображає найбільш ймовірну структуру витратної частини фактичного електробалансу об'єкта, тобто характеризує найбільш ймовірний розподіл загального електроспоживання підприємства між його підрозділами або його підрозділу за окремими агрегатами [20].

Наведений ймовірнісно-статистичний підхід для побудови балансів споживання електричної енергії можна проілюструвати на прикладі реального підприємства хімічної промисловості, що виробляє аміак.

Застосовуючи ймовірнісно–статистичний підхід, який пропонується використовувати в умовах невизначеності вихідних даних, можна складати більш достовірні баланси споживання електричної енергії виробничо-господарських об'єктів, ніж побудовані за допомогою розрахунково-аналітичного методу. Однак можливість застосування запропонованого методу

побудови електробалансів може виявитися суттєво обмеженою через ту причину, що наявні дані про фактичний обсяг виробництва всіх видів продукції часто можуть виявитися недостатніми для перевірки закону розподілу цієї випадкової величини (якщо закон розподілу невідомий, то неможливо коректно побудувати довірчі інтервали споживання електроенергії виробничими підрозділами, а також визначити ймовірність знаходження фактичних обсягів електроспоживання у тому чи іншому інтервалі).

2.3.2. Визначення інтервалів можливих значень нечітких величин на основі методів експертного опитування

Процедура опитування експертів для визначення максимально наближених до реальних інтервалів коефіцієнтів завантаження обладнання є такою. Експерти отримують анкету, в якій для кожного виду обладнання подано діапазон теоретично можливих значень коефіцієнта завантаження, розділений на чотири інтервали, що дозволяє встановити п'ять можливих рівнів значень цього коефіцієнта (рис.2.1). Отримані таким чином рівні значень коефіцієнта завантаження обладнання являють собою певну шкалу. Кожному експерту пропонується на цій шкалі вертикальною лінією позначити значення, яке на його думку має реальний середній коефіцієнт завантаження відповідного обладнання[13].

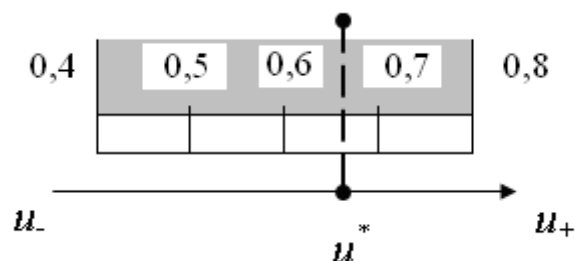


Рис. 2.1. Приклад оцінювання експертом середнього коефіцієнта завантаження обладнання [19]

Отримані від експертів анкети опрацьовуються і встановлюється найбільш достовірний інтервал реальних значень коефіцієнтів завантаження обладнання.

Оскільки індивідуальні результати опитування експертів мають значною мірою суб'єктивний характер, найбільш достовірний інтервал значень цього показника визначають на основі оцінки всіма експертами суб'єктивної імовірності того, що коефіцієнт завантаження обладнання набуває того чи іншого числового значення (тобто досягає відповідного рівня).

Для цього на підставі результатів опитування кожного експерта необхідно визначити рівень суб'єктивної ймовірності p того, що реальний середній коефіцієнт завантаження обладнання співпадатиме з оцінкою його величини експертом.

Виходячи з того, що реальні значення коефіцієнтів завантаження всіх видів обладнання знаходяться у досить вузьких межах [9], діапазон теоретично можливих значень цих коефіцієнтів достатньо поділити на чотири інтервали. При цьому для визначення невідомих рівнів суб'єктивної імовірності p можна побудувати сімейство з п'яти кусково-лінійних функцій належності нечіткого параметру (коефіцієнту завантаження обладнання) [13]. Для прикладу оцінки експертом середнього коефіцієнта завантаження обладнання, наведеного на рис. 2.1, такі функції визначаються рівняннями:

$$\mu_{0,4}(u) = \begin{cases} 1 - \frac{u}{2}, & u \in [0,1], \\ \frac{2}{3} - \frac{u}{6}, & u \in (1,4]; \end{cases} \quad (2.8)$$

$$\mu_{0,5}(u) = \begin{cases} \frac{1}{2} + \frac{u}{2}, & u \in [0,1], \\ \frac{3}{2} - \frac{u}{2}, & u \in (1,2], \\ 1 - \frac{u}{4}, & u \in (2,4]; \end{cases} \quad (2.9)$$

$$\mu_{0,6}(u) = \begin{cases} \frac{u}{2}, & u \in [0,2], \\ 2 - \frac{u}{2}, & u \in (2,4]; \end{cases} \quad (2.10)$$

$$\mu_{0,7}(u) = \begin{cases} \frac{u}{4}, & u \in [0,2], \\ \frac{u}{2} - \frac{1}{2}, & u \in (2,3], \\ \frac{5}{2} - \frac{u}{2}, & u \in (3,4]; \end{cases} \quad (2.11)$$

$$\mu_{0,8}(u) = \begin{cases} \frac{u}{6}, & u \in [0,3], \\ \frac{u}{2} - 1, & u \in (3,4]. \end{cases} \quad (2.12)$$

Ці функції належності у графічному вигляді наведені на рис. 2.2 [13].

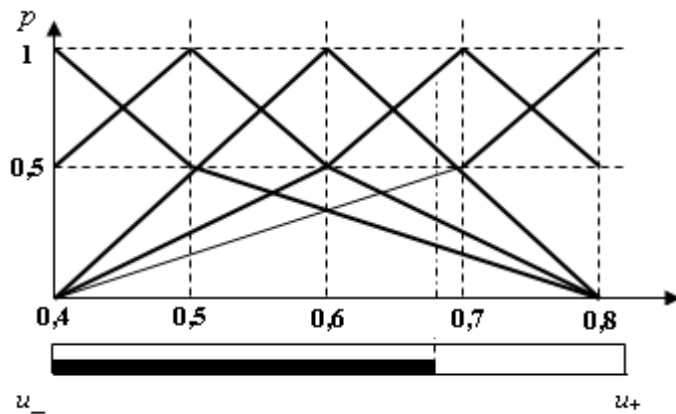


Рис. 2.2. Функції належності нечіткого параметра (коефіцієнт завантаження обладнання) [13]

Числові значення функцій належності, відкладені на осі u , являють собою рівні, які відповідають певним можливим значенням коефіцієнта завантаження обладнання. Таких рівнів значень цього коефіцієнта п'ять: нульовий рівень відповідає значенню коефіцієнта 0,4; перший рівень – значенню 0,5; другий – значенню 0,6; третій – значенню 0,7 і четвертий – значенню 0,8.

Таким чином, для кожної оцінки окремим експертом можливого значення коефіцієнта завантаження обладнання на підставі побудованих функцій належності можна визначити п'ять значень суб'єктивної ймовірності p_j^k збігу цієї оцінки з одним із можливих рівнів значень коефіцієнта завантаження обладнання (де j – умовний номер відповідного рівня можливих значень коефіцієнта завантаження ($j=0, \dots, 4$), k – номер експерта, $k=1, \dots, N$, де N – загальна кількість експертів). З цією метою можна використати два способи – графічний і аналітичний. Користуючись графічним способом, необхідно накласти графіки функцій належності нечіткого параметра на шкалу можливих його значень та, використовуючи оцінку експертом величини цього параметра як абсцису, знайти ординати відповідних точок на графіках функцій належності. Ці ординати і є шуканими значеннями суб'єктивної ймовірності. Використовуючи аналітичний спосіб, необхідно спочатку визначити відповідне числове значення u_j експертної оцінки величини нечіткого параметра, $u_j \in [0; 4]$. Далі треба визначити значення суб'єктивних ймовірностей p_j^k , $j=0, \dots, 4$, підставляючи величину u_j в формули (2.8) – (2.12).

На підставі знайдених таким чином ймовірностей p_j^k , визначених окремим експертом для кожної оцінки можливого значення коефіцієнта завантаження обладнання можна розрахувати інтегральні суб'єктивні ймовірності, які враховують оцінки реального значення цього коефіцієнта всіма експертами:

$$p_j = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_j^k. \quad (2.13)$$

На основі розрахованих інтегральних суб'єктивних ймовірностей для кожної одиниці обладнання можна визначити найбільш ймовірну оцінку реального коефіцієнта його завантаження, а також найбільш достовірний інтервал, в якому міститься дійсне значення цього коефіцієнта.

Аналогічну процедуру експертного визначення можна застосовувати також для встановлення достовірних інтервалів тривалості роботи кожного виду обладнання протягом відповідного планового періоду.

Таким чином, застосовуючи методи експертного опитування, для будь-якого виробничо-господарського об'єкта можна визначити достовірні інтервали, в яких з досить високою ймовірністю містяться реальні значення коефіцієнта завантаження і тривалості роботи основного та допоміжного обладнання. Маючи такі дані для об'єкта можна побудувати більш обґрунтований і точний баланс споживання електричної енергії, ніж на підставі нечітких та недостовірних вихідних даних, які використовуються на практиці. Однак застосовувати для побудови електробалансів підприємств тільки традиційний розрахунково-аналітичний метод не є доцільним та можливим зважаючи на те, що цей метод не дозволяє враховувати випадковий характер споживання електроенергії на виробничих об'єктах. Саме через такий характер процесів електроспоживання для побудови електробалансів виробничих об'єктів потрібно використовувати не детерміновані значення відповідних параметрів, а достовірні інтервали їх можливих значень.

2.3.3 Імітаційне моделювання псевдореальних значень нечітких виробничих показників

Однією з умов одержання найбільш достовірних та обґрунтованих електробалансів є зменшення невизначеності вихідних даних, які застосовуються в наявних аналітичних або емпіричних залежностях, за якими розраховуються обсяги електроспоживання виробничого обладнання. Для різних видів обладнання склад нечітко заданих виробничих параметрів є суттєво різним, а загальна кількість таких параметрів, що використовуються при побудові електробалансів є досить великою.

Очевидно, що застосування методів математичної статистики та теорії ймовірності для вирішення задачі побудови електробалансів потребує наявності значної кількості статистичних даних. На практиці, на підприємствах не завжди

існує матеріально-технічна база для вимірювання технологічних параметрів. У цьому випадку для побудови гістограм частот появи можливих значень коефіцієнтів завантаження та тривалості роботи обладнання пропонується використовувати псевдореальні статистичні дані, отримані на основі експертного опитування та методів імітаційного моделювання. Відомо, що отримувати такі, псевдореальні статистичні, дані при відсутності апіорної інформації про числові значення певних випадкових величин дають змогу методи імітаційного моделювання [15]. Однак, необхідно звернути увагу, що отримані імітаційними методами псевдореальні гістограми частот появи можливих значень зазначених вище виробничих показників є менш об'єктивними й обґрунтованими ніж побудовані на основі реальних статистичних даних.

Першим кроком до побудови псевдореальних гістограм частот появи можливих значень коефіцієнтів завантаження та тривалості роботи обладнання є застосування методів експертного опитування. В якості експертів із питання, що розглядається, у першу чергу, доцільно залучати таких фахівців, як енергетики, технологи, лінійні менеджери, оператори відповідних установок. Метою експертного опитування є встановлення інтервалів можливих значень кожного з нечітких виробничих параметрів, що аналізуються, а також оцінка ймовірності знаходження (частоти появи) окремих їх значень у відповідних інтервалах. До початку проведення опитування експертів, необхідно попередньо визначити діапазони теоретично можливих числових значень зазначених нечітких параметрів, які, за можливістю, мають бути максимально наближеними до реальних їх величин, що можуть спостерігатися за тих чи інших конкретних умов виробництва. Встановити діапазони теоретично можливих значень нечітких параметрів можна у тому числі та на підставі методичної та довідкової літератури. Опитування спеціалістів-експертів здійснюється за допомогою анкет, у яких кожному експерту пропонується на спеціальній шкалі позначити вертикальними та горизонтальними лініями інтервали, в яких можуть знаходитись фактичні величини тривалості роботи та коефіцієнтів завантаження

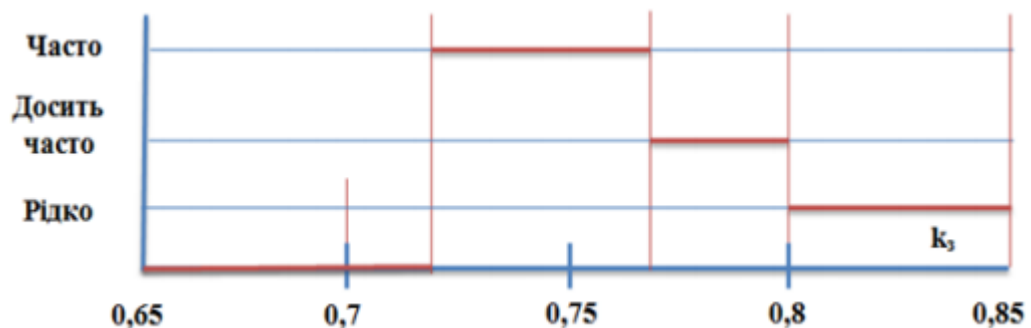
того чи іншого виду обладнання, а також частоту, з якою дійсні значення даних параметрів можуть спостерігатися у межах цих інтервалів [20].

Для оцінки частоти знаходження фактичних значень тривалості роботи та коефіцієнтів завантаження обладнання у відповідних інтервалах експертам у найпростішому випадку може бути запропоновано три лінгвістичні рівні, характеристику яких наведено у таблиці 2.1.

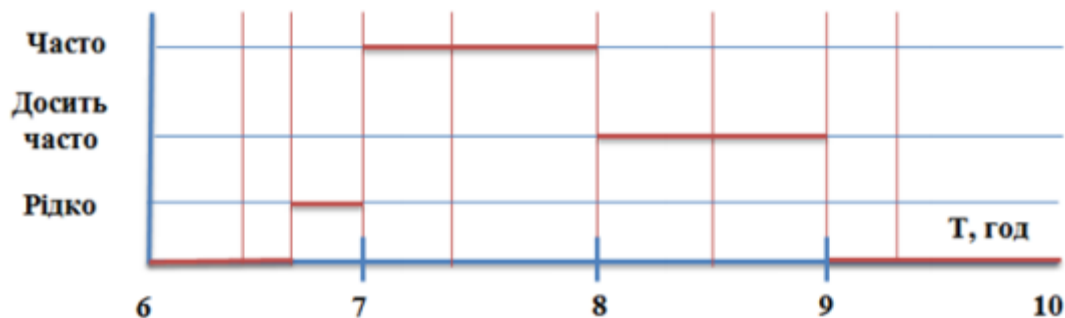
Таблиця 2.1 – Рівні, що характеризують частоту знаходження фактичних значень виробничих показників роботи обладнання

Рівень	Характеристика рівня
Рідко	Фактичне значення показника знаходиться у відповідному інтервалі не частіше, ніж у 20 % випадків
Досить часто	Фактичне значення показника знаходиться у відповідному інтервалі у 20...50 % випадків
Часто	Фактичне значення показника знаходиться у відповідному інтервалі частіше, ніж у 50 % випадків

На рис. 2.3 наведено приклад оцінки коефіцієнтів завантаження та тривалості роботи окремого агрегату одним із експертів.



а)



б)

Рисунок 2.3 – Приклад експертної оцінки коефіцієнтів завантаження (а) та приклад тривалості роботи (б) окремого агрегату [20]

Зважаючи на значну кількість та різноманітність нечітко заданих параметрів, уточнення їх числових значень шляхом додаткових вимірювань є практично нереальним, оскільки вимагає використання великої кількості приладів обліку, а також потребує значних витрат робочого часу. Тому, для визначення найбільш ймовірних значень нечітко заданих виробничих параметрів, пропонується будувати гістограми частот появи тих чи інших числових величин технологічних параметрів.

Для того, щоб на підставі отриманих експертним шляхом оцінок можливих значень коефіцієнтів завантаження та тривалості роботи сформувати псевдореальні статистичні вибірки їх величин необхідно застосувати імітаційне моделювання. З цією метою у кожному з встановлених експертами інтервалів можливих значень виробничих параметрів, що розглядаються, виходячи з оцінки експертами рівня частоти їх появи («часто», «досить часто», «рідко»), з застосуванням, наприклад, методу Монте-Карло має бути згенерована відповідна кількість псевдореальних величин тривалості роботи та коефіцієнтів завантаження обладнання. Основні методичні положення застосування методу Монте-Карло наведено в [12].

Очевидно, що при формуванні вибірок псевдореальних статистичних даних коефіцієнтів завантаження та тривалості роботи обладнання необхідно враховувати визначені у ході експертного опитування суб'єктивні частоти, з якими реальні величини зазначених параметрів можуть знаходитись у межах тих чи інших інтервалів можливих їх значень. Для цього у процесі формування вибірок зазначених псевдореальних даних для кожного інтервалу, у якому може

знаходитись невідоме фактичне значення відповідного виробничого параметру, необхідно випадковим чином згенерувати певну кількість псевдореальних його значень N , пропорційну відомій із експертного опитування частоті їх появи.

Узагальнення думок кількох експертів при застосуванні такого підходу здійснюється автоматично шляхом виділення для кожного експерта певної кількості імітацій можливих значень виробничих параметрів, яка дорівнює:

$$n = \frac{N}{m} \quad (2.14)$$

де N – необхідна загальна кількість імітацій числових значень кожного з параметрів, що розглядаються;

m – кількість експертів.

Генерування псевдореальних значень параметрів здійснюється до тих пір, поки не буде отримана необхідна для побудови електробалансів кількість вихідних даних. Чим більшою є кількість згенерованих можливих значень виробничих параметрів, тим більш точними та достовірними будуть результати вирішення поставленої задачі.

У даній роботі генерування псевдореальних значень здійснювалось за допомогою програми Microsoft Excel 2016. Генерування чисел здійснювалось за допомогою функції =СЛУЧМЕЖДУ(нижн_межа;верх_межа).

нижн_межа (0.65) – обов'язковий аргумент. Найменше ціле число, яке повертає функція СЛУЧМЕЖДУ.

верх_межа (0.85) – обов'язковий аргумент. Найбільше ціле число, яке повертає функція СЛУЧМЕЖДУ.

Під час повторного обчислення аркуша введенням формули чи даних в іншій клітинці або за допомогою повторного обчислення вручну (натисканням клавіші F9) створюється нове випадкове число для всіх формул, які використовують функцію СЛУЧМЕЖДУ. Саме через це необхідно копіювати визначені при першому обчисленні величини і переносити їх до сусідніх комірок як фіксовані значення.

За допомогою даної функції було здійснено генерування випадкових чисел для п'яти компресорів.

2.3.4. Визначення закону розподілу псевдореальних значень нечітких виробничих показників та його параметрів

В теорії імовірності і статистиці Розподіл Лапласа належить до сім'ї неперервних розподілів. Названо на честь французького математика П'єра-Симона Лапласа. Інколи вживають назву подвійний експоненційний розподіл, маючи на увазі, що графік щільності розподілу Лапласа виглядає як симетрично продовжена (на від'ємній півосі) щільність експоненційного розподілу.

Різниця значень двох незалежних однаково розподілених експоненційних випадкових величин розподілена за розподілом Лапласа, також Броунівський рух в експоненційно-розподіленій точці часу розподілений за Лапласом.

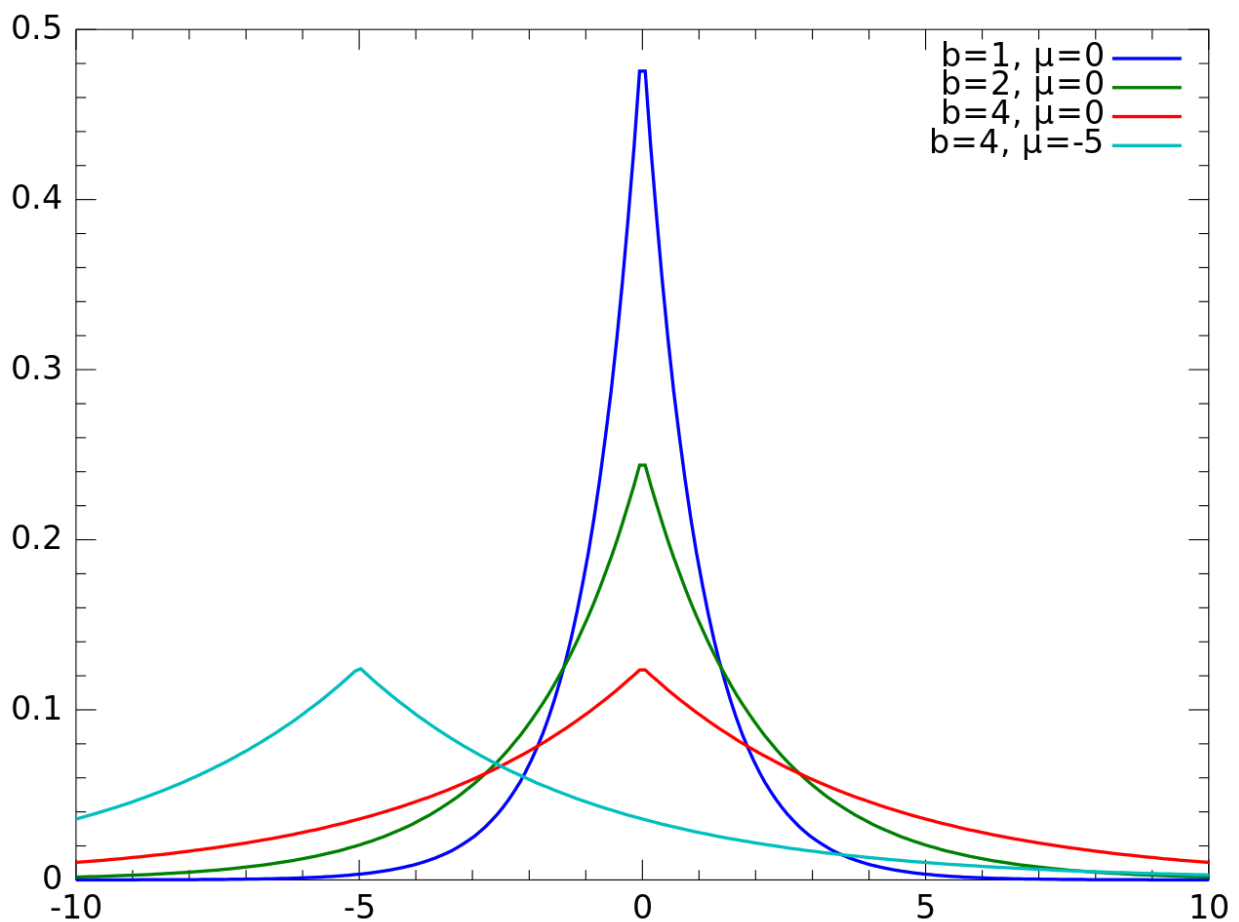


Рис. 2.4 Розподіл Лапласа [21]

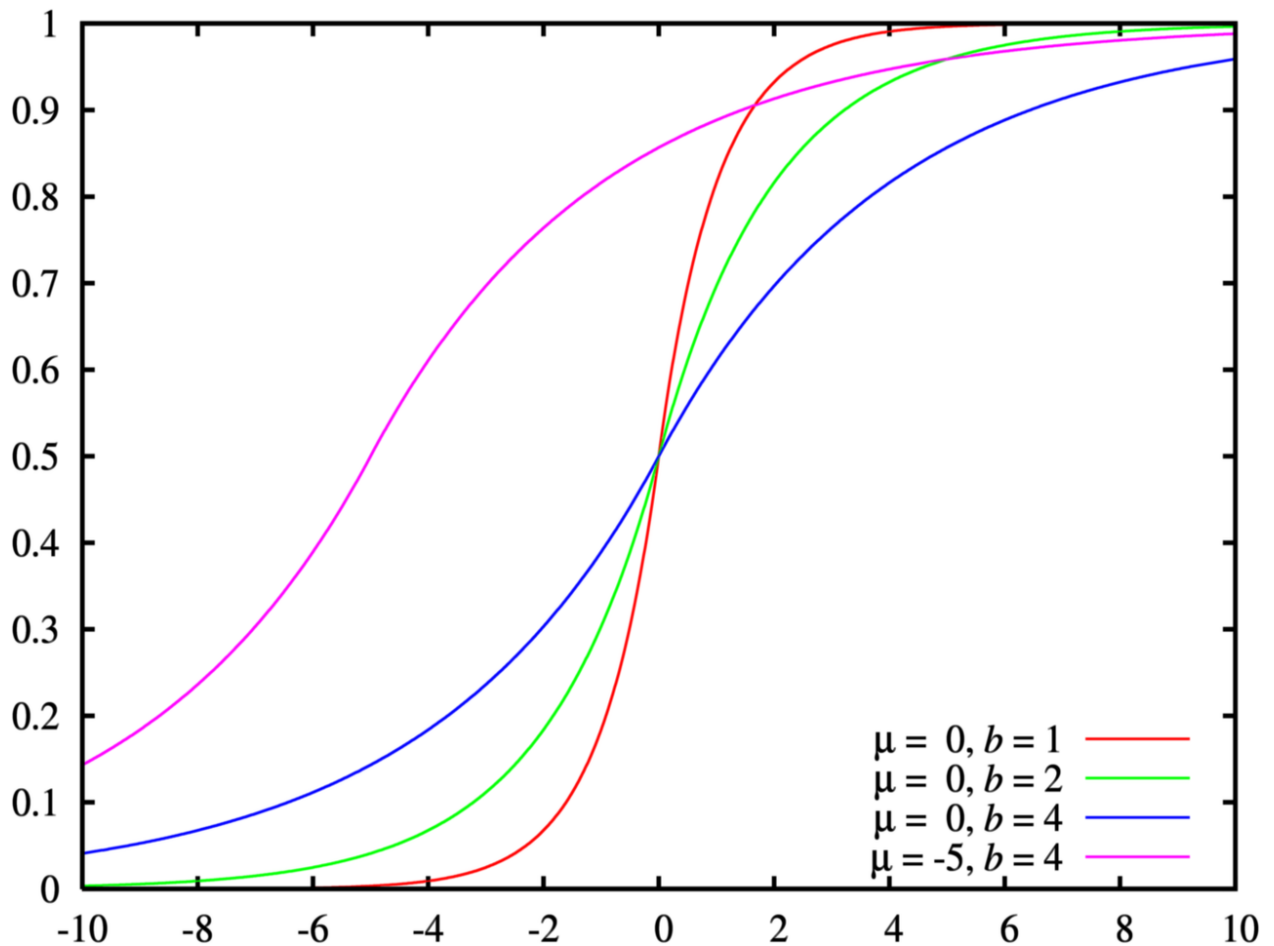


Рис. 2.5 Функція розподілу ймовірностей [21]

Для визначення розподілу за функцією Лапласа необхідно скористатись таблицею значень Лапласа.

Таблиця значень функції Лапласа - це ймовірність того, що випадкова величина прийме значення, що належить заданому інтервалу. При вирішенні завдань з теорії ймовірності, як правило, потрібно знайти значення функції Лапласа за відомим значенням аргументу або, навпаки, за відомим значенням функції Лапласа потрібно знайти значення аргументу. Для цього користуються таблицею значень функції Лапласа. Таблиця значень функції Лапласа незамінна при вивченні теорії ймовірності, так як вирішувати інтеграл (функцію Лапласа) складно, а запам'ятати таблицю значень функції Лапласа просто неможливо.

$$F(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_{-t}^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (2.15)$$

При різних значеннях t ; $F(-t) = -F(t)$ (функція нормального розподілу).

Для отримання функції Лапласа необхідно визначити стандартне відхилення та середнє значення випадкової величини.

Стандартне відхилення – це міра того, наскільки широко розташовані точки даних відносно їхнього середнього значення.

Для того щоб визначити стандартне відхилення було використано функцію MS Excel «=СТАНДОТКЛОН.Г» – Обчислює стандартне відхилення на основі всієї генеральної сукупності, заданої аргументами.

«Число 1» – обов'язковий аргумент. Перший числовий аргумент, який відповідає сукупності.

«Число2,...» – необов'язковий аргумент. Числові аргументи від 2 до 254, які відповідають генеральній сукупності. Замість аргументів, розділених комами, можна також указати масив або посилання на масив.

Для того щоб визначити дисперсію було використано функцію MS Excel середнє значення «=СРЗНАЧ» – це одна зі статистичних функцій. Аналізує діапазон даних і обчислює середнє значення.

Наступним кроком, після того як було виконано дані операції, було визначено для кожного із коефіцієнтів використання в діапазоні від 0.65-0.85 – табличних значень функції Лапласа. Далі за допомогою формули 2.16 було розраховано ймовірність появи кожного коефіцієнта використання:

$$k_{\text{вик}} = 0,5(F(t)_{\text{біл.}} - F(t)_{\text{мен.}}) \quad (2.16)$$

Через те, що у даній магістерській роботі невідомими є лише коефіцієнти використання, то ймовірність появи коефіцієнта використання дорівнюватиме ймовірності появи споживання електроенергії тим чи іншим агрегатом цеху.

Визначення ймовірності знаходження в інтервалі для кожного можливого значення коефіцієнта використання відбувалося за допомогою функції «=ВПР».

Функція «ВПР» використовується, коли потрібно шукати елементи в таблиці або в діапазоні за рядками.

У найпростішому випадку функція «ВПР» має такий вигляд:

= ВПР (що потрібно знайти, де потрібно знайти його, номер стовпця в діапазоні, який містить значення, що повертається, повертає приблизний або точний збіг – вказано як 1/TRUE або 0/FALSE).

Отже, за допомогою цієї функції було визначено ймовірність знаходження в інтервалі для кожного коефіцієнта використання.

2.3.5. Генерування можливих комбінацій значень нечітких виробничих показників

Однією з умов одержання найбільш достовірних й обґрунтованих електробалансів є зменшення невизначеності вихідних даних, які застосовуються у наявних аналітичних або емпіричних залежностях, за якими розраховуються обсяги електроспоживання виробничого обладнання. Для різних видів обладнання склад нечітко заданих технологічних параметрів є суттєво різним, а загальна кількість таких параметрів, що використовуються при побудові електробалансів є досить великою.

Зважаючи на значну кількість і різноманітність нечітко заданих параметрів, уточнення їх числових значень шляхом додаткових вимірювань є практично нереальним, оскільки вимагає використання великої кількості приладів обліку, а також потребує значних витрат робочого часу. Тому можливим і доцільним шляхом вирішення цієї задачі є визначення найбільш ймовірних, максимально наближених до реальних значень таких нечітко заданих виробничих параметрів [21].

Таким чином, результатом виконання процедури імітаційного моделювання є формування достатньо великих за обсягом вибірок псевдореальних значень всіх нечітких виробничих параметрів, які у подальшому використовуються для визначення розрахунково-аналітичним методом обсягів енергоспоживання кожної одиниці обладнання, тобто числових значень відповідних статей електробалансів за агрегатами.

У даній магістерській роботі генерування можливих комбінацій значень була спрощеною. Було згенеровано десять тисяч випадкових значень

коефіцієнтів використання після чого було розраховано електробаланси і випадково вибрано 100 псевдобалансів.

2.3.6. Формування розрахункових моделей електроспоживання та перевірка їх правдоподібності

Кожен із отриманих шляхом імітаційного моделювання й аналітичних розрахунків псевдореальний електробаланс за агрегатами, перш за все, необхідно оцінити з точки зору його правдоподібності. З цією метою, загальний (сумарний) розрахунковий обсяг споживання електроенергії на виробничому об'єкті, який відповідає тому чи іншому можливому варіанту його електробалансу, порівнюється з фактичними даними обліку витрат електроенергії на цьому ж об'єкті за відповідний період і перевіряється, чи знаходиться різниця між цими величинами у межах певної, заздалегідь прийнятої припустимої похибки:

$$(1 - \alpha)W_{\text{л}} \leq W \leq (1 + \alpha)W_{\text{л}} \quad (2.17)$$

де $W_{\text{л}}$ – фактичні дані обліку витрат електроенергії за лічильником;

W – загальний (сумарний) розрахунковий обсяг споживання електроенергії на виробничо-господарському об'єкті;

α – припустима похибка.

Якщо зазначена вище умова (2.17) не виконується, то відповідний змодельований псевдореальний електробаланс відкидається як неправдоподібний. Якщо ж ця умова виконується, то можна вважати, що одержаний варіант електробалансу за агрегатами є правдоподібним і може використовуватись для подальшого аналізу.

Отже, остаточним результатом виконання кожної ітерації процедури формування псевдореальних (розрахункових) електробалансів є одержання одного з правдоподібних варіантів їх витратної частини. Кожен із таких варіантів розрахункового електробалансу відповідає конкретній

комбінації можливих значень нечітких виробничих параметрів, для якої відомою також є суміщена ймовірність її появи.

Для того щоб знайти ці псевдобаланси, що задовільняють умові (2.17) було використано фільтри MS Excel

Фільтрування даних у діапазоні або таблиці за використанням «Автофільтру» або вбудовані оператори порівняння, як-от "більше" і "Топ 10", у Excel, щоб відобразити потрібні дані та приховати решту. Коли виконується фільтрування даних в діапазоні комірок або таблиці, можна повторно застосувати фільтр, щоб отримати оновлені результати, або очистити фільтр, щоб відобразити всі дані.

Завдяки фільтруванню за допомогою функції «Автофільтр» було відфільтровано і знайдено найкращі 5 псевдобалансів електроспоживання.

2.3.7. Визначення найбільш імовірного електробалансу

Останнім кроком визначення найбільш достовірної структури балансів споживання електроенергії за агрегатами за алгоритмом, що розглядається, є порівняння всіх одержаних правдоподібних варіантів псевдореальних електробалансів за величиною суміщеної ймовірності появи кожного з них. При цьому, найбільш достовірним слід вважати той варіант витратної частини балансу споживання електроенергії за агрегатами, суміщена ймовірність появи якого є найбільшою.

Для того, щоб знайти найбільш ймовірні електробаланси було також використано «Фільтр», для того, щоб відфільтрувати найкращі 5 значень із знайдених попередньо за пунктом 2.3.6.

2.4. Висновки

1. Необхідність використання для побудови балансів споживання електроенергії виробничо-господарських об'єктів ймовірнісно-статистичних методів ґрунтується на тому, що традиційний розрахунково-аналітичний метод не може успішно застосовуватись в умовах невизначеності вихідних даних щодо

значень технологічних параметрів, показників умов виробництва, а також обсягів електроспоживання. До того ж, використання розрахунково-аналітичного методу не дає змоги враховувати випадковий характер зміни всіх цих величин.

2. У процесі складення електробалансів із застосуванням ймовірісно-статистичних методів необхідно враховувати багаторівневість системи постачання електричної енергії, складність виробничої структури відповідних об'єктів, наявність значної кількості технологічного обладнання, що працює у різних режимах електроспоживання.

3. Розроблена методологія складання електробалансів на основі ймовірісно-статистичного підходу для різних умов та випадків їх побудови, у порівнянні з традиційним розрахунково-аналітичним методом, дає можливість одержувати більш обґрунтовані та достовірні баланси споживання електроенергії на виробничо-господарських об'єктах, зокрема, електробаланси, побудовані з застосуванням ймовірісно-статистичних методів на основі даних тільки про фактичні обсяги споживання електроенергії на підприємстві в цілому, є дещо більш обґрунтованими та достовірними, оскільки вони базуються на даних додаткових вибіркового спостережень або на результатах опитування відповідних фахівців-експертів.

4. Побудовані з застосуванням ймовірісно-статистичних методів електробаланси у подальшому можуть служити підґрунтям для аналізу електроспоживання, зокрема, дають змогу одержувати достатньо достовірні дані для здійснення оперативного контролю ефективності використання електричної енергії відповідними виробничо-господарськими та технологічними об'єктами.

3. ПРИКЛАДИ ПОБУДОВИ ЕЛЕКТРОБАЛАНСУ ЦЕХУ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ З ЗАСТОСУВАННЯМ РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ ТА ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНОГО ПІДХОДУ

3.1. Загальна характеристика цеху та наявних вихідних даних для побудови його електробалансів

У даній магістерській роботі було розглянуто один з цехів підприємства з виробництва азотних добрив (а саме, цех виробництва аміаку) та продемонстровано розрахунок електробалансу цього цеху за допомогою спрощеного розрахунково-аналітичного методу та ймовірно-статистичного методу та співставлено із фактичними даними підприємства.

У даній магістерській роботі було розглянуто підприємство з виробництва аміаку, а саме цех з компресорами – 3Г, 28Г, 4Г, 3В, 4В, встановлена потужність яких становить 6780 кВт.

У таблиці 3.1 наведено фактичні дані споживання електроенергії за добу.

Таблиця 3.1 Фактичні дані про споживання електричної енергії в цеху з виробництва аміаку протягом доби

Час	3Г	28Г	4Г	3В	4В
0 - 1	5 496,00	5 130,44	5 191,00	0,00	5 515,00
1 - 2	5 481,63	5 121,63	5 180,00	0,00	5 503,00
2 - 3	5 480,00	5 132,00	5 185,00	0,00	5 507,00
3 - 4	5 487,25	5 132,00	5 193,00	0,00	5 508,00
4 - 5	5 494,44	5 153,63	5 208,00	0,00	5 525,00
5 - 6	5 565,63	5 216,06	5 291,00	0,00	5 596,00
6 - 7	5 525,63	5 179,25	5 246,00	0,00	5 547,00
7 - 8	5 536,06	5 200,00	5 254,00	0,00	5 561,00
8 - 9	5 545,63	5 192,00	5 243,00	0,00	5 552,00
9 - 10	5 520,81	5 170,44	5 221,00	0,00	5 536,00
10 - 11	5 500,00	5 143,25	5 202,00	0,00	5 518,00
11 - 12	5 488,81	5 135,25	5 185,00	0,00	5 505,00
12 - 13	5 504,81	5 134,38	5 182,00	0,00	5 528,00
13 - 14	5 488,00	5 116,88	5 173,00	0,00	5 507,00
14 - 15	5 483,25	5 106,44	5 163,00	0,00	5 506,00
15 - 16	5 491,25	5 093,63	5 148,00	0,00	5 510,00
16 - 17	5 479,25	5 078,44	5 134,00	0,00	5 503,00

Час	3Г	28Г	4Г	3В	4В
17 - 18	5 484,00	5 087,19	5 139,00	0,00	5 503,00
18 - 19	5 493,63	5 094,44	5 144,00	0,00	5 520,00
19 - 20	5 500,81	5 100,00	5 155,00	0,00	5 524,00
20 - 21	5 500,88	5 111,25	5 157,00	0,00	5 521,00
21 - 22	5 490,44	5 107,25	5 152,00	0,00	5 521,00
22 - 23	5 446,44	5 089,63	5 143,00	0,00	5 477,00
23 - 24	5 461,63	5 096,81	5 148,00	0,00	5 483,00

Також, підприємство надало дані тривалості використання основного обладнання.

3.2 Побудова електробалансів цеху з використанням розрахунково-аналітичного методу

За формулою (1) розглянутою у розділі 2 було проведено розрахунок для п'яти аміачних компресорів для кількох діб. Зокрема, для доби з умовним номером :

$$W_{3Г}=6700 \cdot 24 \cdot 0,7=113904,0 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{28Г}=6700 \cdot 24 \cdot 0,7=113904,0 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{4Г}=6700 \cdot 24 \cdot 0,7=113904,0 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{3В}=6700 \cdot 24 \cdot 0,7=113904,0 \text{ кВт} \times \text{год}$$

$$W_{4В}=6700 \cdot 24 \cdot 0,7=113904,0 \text{ кВт} \times \text{год}$$

Розрахункове споживання усіх компресорів за першу добу складає:

$$W_{\Sigma \text{ розр.}}=W_{3Г}+W_{28Г}+W_{4Г}+W_{3В}+W_{4В}=455616,0 \text{ кВт} \times \text{год}$$

Фактичне споживання усіх компресорів за першу добу, визначене за приладами обліку, складає:

$$W_{\Sigma \text{ факт.}}=511\,981,5 \text{ кВт} \times \text{год}$$

Фактичні обсяги споживання електроенергії, отримані від підприємства з виробництва аміаку зіставлено із розрахунковими. Розрахунок похибки виконувався заданою формулою:

$$\delta = \frac{W_{\text{факт.}} - W_{\text{розн.}}}{W_{\text{факт.}}} \quad (2)$$

Де, $W_{\text{факт.}}$ – фактичні обсяги електроспоживання, кВт/год

$W_{\text{розн.}}$ –розрахункові обсяги електроспоживання кВт/год.

$$\delta = \frac{511\,981,5 - 455\,616,0}{511\,981,5} = 0,11$$

Дана похибка складає 11% і є досить прийнятною, тому було виконано аналогічний розрахунок у Таблиці 3.2 окремо для кожного компресору:

Таблиця 3.2. Порівняння фактичного балансу та результатів побудови розрахункового електробалансу цеху з виробництва аміаку для однієї доби

Компресор	3Г	28Г	4Г	3В	4В
$W_{\text{факт.}}$	131946,25	123122,3	124437,0	0	132476,0
$W_{\text{розн.}}$	113904,0	113904,0	113904,0	0	113904,0
δ	0,13	0,07	0,08	0	0,14

У таблиці 3.3 наведено фактичні дані використання електричної енергії в цеху

Таблиця 3.3 Фактичні дані використання електричної енергії в цеху в інший день

Компресори	3Г	28Г	4Г	3В	4В
Фактичне споживання електричної енергії	0,00	0,00	1,00	4 096,03	5 188,00
	0,80	0,80	0,00	4 108,06	5 197,00
	0,00	0,00	0,00	4 108,88	5 196,00
	0,00	0,00	0,00	4 104,00	5 199,00
	0,80	0,00	0,00	4 116,81	5 213,00
	0,80	0,80	0,00	4 120,81	5 217,00
	0,00	0,00	0,00	4 129,63	5 220,00
	0,80	0,00	0,00	4 120,00	5 223,00
	0,00	0,80	0,00	4 093,59	5 178,00
	0,00	0,00	0,00	3 752,81	4 830,00
	0,80	1,60	1,00	4 028,03	5 116,00
	0,00	0,00	1,00	4 043,22	5 136,00
	1,60	0,00	0,00	4 024,81	5 108,00
	0,00	1,60	0,00	4 022,41	5 104,00
	0,00	0,80	2,00	4 023,19	5 108,00
	0,00	2,40	1,00	3 922,41	5 160,00
	0,80	2,40	0,00	4 120,00	5 205,00
	0,00	0,80	1,00	4 138,38	5 232,00
	0,80	0,80	0,00	3 889,59	5 213,00
	0,00	1,60	1,00	3 823,22	5 178,00
	0,80	1,60	272,00	3 862,41	5 121,00
	0,00	0,80	1 868,00	3 900,81	5 191,00
	0,00	0,00	3 068,00	3 881,63	5 139,00
	0,00	3 086,39	4 804,00	3 802,41	5 028,00

Аналогічно за формулою (1) було проведено розрахунок для п'яти аміачних компресорів у другий день:

$$W_{3Г}=6700 \cdot 0 \cdot 0,7=0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{28Г}=6700 \cdot 1 \cdot 0,7=4746,0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{4Г}=6700 \cdot 4 \cdot 0,7=18984,0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{3В}=6700 \cdot 24 \cdot 0,7=113904,0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{4В}=6700 \cdot 24 \cdot 0,7=113904,0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Дані про тривалість роботи компресорів протягом доби було отримано від підприємства по виробництву аміаку.

Розрахункове споживання усіх компресорів за другу добу складає:

$$W_{\Sigma \text{ розр.}}=W_{3Г}+W_{28Г}+W_{4Г}+W_{3В}+W_{4В}=251538,0 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Фактичне споживання усіх компресорів за другу добу складає:

$$W_{\Sigma \text{ факт.}}=233\,056,32 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахуємо похибку для другої доби за формулою (2):

$$\delta = \frac{233056,32 - 251538,0}{233\,056,32} = 0,08$$

Дана похибка складає 8 % і є прийнятною, далі було виконано аналогічний розрахунок у Таблиці 3.4 окремо для кожного компресору:

Таблиця 3.4 . Порівняння фактичного балансу та результатів побудови розрахункового електробалансу цеху з виробництва аміаку для іншої доби

Компресори	3Г	28Г	4Г	3В	4В
$W_{\text{факт.}}$	8,00	3 103,19	10 020,0	96 233,1	123 700,0
$W_{\text{розр.}}$	0,0	4746,0	18984,0	113904,0	113904,0
δ	1	0,52	0,89	0,18	0,07

Після того, як було виконано ще чотири аналогічні розрахунки у різні дні і порівняно їх із фактичними даними не знадобилось продовжувати дану перевірку після чого було зроблено висновок, що розрахунково-аналітичний метод є недоцільним через високі похибки і неможливим у використанні.

3.2.1. Визначення інтервалів можливих значень нечітких величин на основі методів експертного опитування

Визначення достовірних інтервалів можливих значень коефіцієнтів завантаження виробничого обладнання може бути проілюстровано на прикладі хімічного підприємства з виробництва аміаку.

З цієї метою було проведено опитування групи спеціалістів-експертів, до складу якої увійшли управлінський та експлуатаційний персонал підприємства. Група складалася з 6 експертів. Для оцінки достовірних інтервалів коефіцієнту використання експертам були роздані анкети, в яких для кожного виду обладнання наведено діапазон теоретично можливих значень коефіцієнта використання його встановленої потужності.

Оброблення результатів опитування експертів із зазначеного питання може бути розглянуто на прикладі оцінки першим експертом реального значення коефіцієнта завантаження для компресорів №2, 3.

Приклад оцінювання реального значення коефіцієнта завантаження компресорів №2, 3, визначеною першим експертом, показано на рис. 3.1.

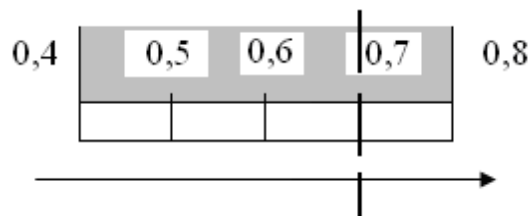


Рис. 3.1. Приклад оцінки першим експертом реального коефіцієнта завантаження компресору [19]

Для оцінки першим експертом реального значення коефіцієнта завантаження відповідного обладнання знаходимо на підставі побудованих кусково—лінійних функцій належності графічним або аналітичним методом п'ять значень суб'єктивної ймовірності: для рівня можливості 0,4 – суб'єктивна ймовірність складає 0,2; 0,5 – 0,3; 0,6 – 0,52; 0,7 – 1; 0,8 – 0,52. Аналогічно оброблюються інші результати опитування експертів (табл. 3.5).

У таблиці 3.5 наведено результати опитування експертів.

Таблиця 3.5 Результати опитування експертів

№ п/п	Найменування енергоспоживаючого обладнання	Можливі значення коефіцієнту використання	Експерти						Загальний результат
			№1	№2	№3	№4	№5	№6	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Компресор 3Г	0,4	0,2	0,3	0,2	0,38	0,38	0,65	0,351667
		0,5	0,3	0,42	0,3	0,5	0,5	0,12	0,356667
		0,6	0,52	0,72	0,5	1	1	0,05	0,631667
		0,7	1	0,72	1	0,5	0,5	0,03	0,625
		0,8	0,52	0,4	0,5	0,38	0,38	0,32	0,416667
2	Компресор 28Г	0,4	0,38	0,2	0,46	0,34	0,32	0,38	0,346667
		0,5	0,5	0,3	0,76	0,42	0,48	0,5	0,493333
		0,6	1	0,5	0,82	0,72	0,88	1	0,82
		0,7	0,5	1	0,42	0,84	0,68	0,5	0,656667
		0,8	0,38	0,5	0,28	0,48	0,42	0,38	0,406667
3	Компресор 4Г	0,4	0,34	0,12	0,34	0,28	0,5	0,34	0,32
		0,5	0,5	0,18	0,5	0,41	1	0,5	0,515
		0,6	1	0,32	1	0,82	0,5	1	0,773333
		0,7	0,5	0,82	0,5	0,68	0,28	0,5	0,546667
		0,8	0,34	0,66	0,34	0,4	0,18	0,34	0,376667

На підставі отриманих таким чином імовірностей p_j^k розраховуються інтегральні суб'єктивні ймовірності за формулою (2.17). Результати розрахунку наведено в табл. 3.5. Використовуючи розраховані інтегральні суб'єктивні ймовірності для кожної одиниці обладнання, визначають найбільш імовірну оцінку реального коефіцієнта, а також достовірний інтервал, у якому міститься цей коефіцієнт.

В таблиці 3.5 результати тільки перших трьох компресорів, а для інших компресорів було виконано аналогічні розрахунки і одержано подібні результати.

Отже, у даному розділі було визначено діапазони коефіцієнтів використання для генерування їх у наступному розділі, а саме від 0.65 до 0.85.

3.3 Імітаційне моделювання псевдо-реальних значень нечітких виробничих показників

У даному розділі продемонстровано приклад генерування псевдо-реальних значень коефіцієнтів використання встановленої потужності компресорів за допомогою програми Microsoft Excel 2016 для п'яти компресорів, яке здійснювалось згідно розділу Результати даного генерування продемонстровано у таблиці 3.6.

У таблиці 3.6 наведено окремі випадкові значення коефіцієнтів використання.

Таблиця 3.6 Окремі випадкові значення коефіцієнтів використання для п'яти компресорів

Компресори	3Г	28Г	4Г	3В	4В
к _{вик.}	0,79	0,66	0,82	0,84	0,74
	0,84	0,78	0,78	0,76	0,79
	0,68	0,84	0,78	0,73	0,75
	0,72	0,81	0,76	0,68	0,70
	0,68	0,67	0,73	0,78	0,78
	0,75	0,75	0,82	0,72	0,82
	0,85	0,70	0,70	0,74	0,80
	0,70	0,72	0,85	0,82	0,77
	0,74	0,69	0,79	0,82	0,83
	0,70	0,76	0,85	0,80	0,73
	0,74	0,75	0,72	0,82	0,76
	0,76	0,76	0,82	0,80	0,76
	0,72	0,65	0,77	0,68	0,74
	0,83	0,68	0,66	0,83	0,74
	0,85	0,77	0,85	0,78	0,84

Всього було згенеровано десять тисяч значень коефіцієнтів використання для кожного компресору окремо.

3.4. Визначення ймовірності знаходження псевдо-реальних значень нечітких виробничих показників та його параметрів

У даному розділі продемонстровано визначення ймовірності знаходження псевдо-реальних значень за допомогою програми Microsoft Excel 2016, для п'яти компресорів. За формулою 2.15 було знайдено для кожного згенерованого коефіцієнту використання ймовірність знаходження в інтервалі.

У таблиці 3.7 наведено ймовірності знаходження коефіцієнту використання для компресору 3Г.

Таблиця 3.7 Розподіл псевдо-реальних значень за функцією Лапласа для компресора 3Г

к _{вик.}	t	F(f)	Ймовірність знаходження в інтервалі
0,65	1,65	-0,90106	0,1624
0,70	0,80	-0,57629	
0,70	0,80	-0,57629	0,3121
0,75	0,06	0,04784	
0,75	0,06	0,04784	0,2973
0,80	0,92	0,64243	
0,80	0,92	0,64243	0,1412
0,85	1,78	0,92492	

У таблиці 3.8 наведено ймовірності знаходження коефіцієнту використання для компресору 3Г.

Таблиця 3.8 Розподіл псевдо-реальних значень за функцією Лапласа для компресора 28Г

к _{вик.}	t	F(f)	Ймовірність знаходження в інтервалів
0,65	1,77	-0,92327	0,1649
0,70	0,83	-0,59346	
0,70	0,83	-0,59346	0,3445
0,75	0,12	0,09552	
0,75	0,12	0,09552	0,3099
0,80	1,07	0,71538	
0,80	1,07	0,71538	0,1206
0,85	2,02	0,95662	

У таблиці 3.9 наведено ймовірності знаходження коефіцієнту використання для компресору 4Г.

Таблиця 3.9 Розподіл псевдореальних значень за функцією Лапласа для компресора 4Г

$k_{\text{вик.}}$	t	F(f)	Ймовірність знаходження в інтервалі
0,65	1,75	-0,91988	0,1361
0,70	0,93	-0,64763	
0,70	0,93	-0,64763	0,2840
0,75	0,10	-0,07966	
0,75	0,10	-0,07966	0,3041
0,80	0,72	0,52848	
0,80	0,72	0,52848	0,1740
0,85	1,54	0,87644	

У таблиці 3.10 наведено ймовірності знаходження коефіцієнту використання для компресору 3В.

Таблиця 3.10 Розподіл псевдореальних значень за функцією Лапласа для компресора 3В

$k_{\text{вик.}}$	t	F(f)	Ймовірність знаходження в інтервалі
0,65	1,72	-0,91457	0,1440
0,70	0,89	-0,62653	
0,70	0,89	-0,62653	0,2854
0,75	0,07	-0,05581	
0,75	0,07	-0,05581	0,3043
0,80	0,76	0,55275	
0,80	0,76	0,55275	0,1677
0,85	1,59	0,88817	

У таблиці 3.11 наведено ймовірності знаходження коефіцієнту використання для компресору 4В.

Таблиця 3.11 Розподіл псевдореальних значень за функцією Лапласа для компресора 4В

$k_{\text{вик.}}$	t	F(f)	Ймовірність знаходження в інтервалі
0,65	1,75	-0,91988	0,1661
0,70	0,82	-0,58778	
0,70	0,82	-0,58778	0,3377
0,75	0,11	0,08759	
0,75	0,11	0,08759	0,3070
0,80	1,04	0,70166	
0,80	1,04	0,70166	0,1248
0,85	1,97	0,95116	

У даному розділі було визначено для кожного згенерованого значення коефіцієнту використання ймовірність його появи в інтервалі.

3.5. Генерування можливих комбінацій значень нечітких виробничих показників

У даному розділі за формулою 2.1 було визначено псевдореальні баланси споживання електроенергії компресора.

У таблиці 3.12 наведено приклад п'яти можливих комбінацій коефіцієнтів використання та розраховано електроспоживання компресорів цеху.

Таблиця 3.12 Приклад п'яти можливих комбінацій випадкових значень коефіцієнтів використання та розрахункових величин електроспоживання компресорів цеху

Компресори															
3Г			28Г			4Г			3В			4В			
к _{вик}	Т	W	к _{вик}	Т	W	к _{вик}	Т	W	к _{вик}	Т	W	к _{вик}	Т	W	W _Σ
0,79	19	101768	0,66	19	85021	0,82	19	105632	0,84	0	0	0,74	19	95327	387748
0,84	19	108209	0,78	19	100480	0,78	19	100480	0,76	0	0	0,79	19	101768	410936
0,68	19	87598	0,84	19	108209	0,78	19	100480	0,73	0	0	0,75	19	96615	392901
0,72	19	92750	0,81	19	104344	0,76	19	97903	0,68	0	0	0,7	19	90174	385172
0,68	19	87598	0,67	19	86309	0,73	19	94039	0,78	0	0	0,78	19	100480	368425

У даному розділі було побудовано пседобаланси споживання електроенергії основані на згенерованих раніше коефіцієнтах використання.

3.6. Формування розрахункових моделей електроспоживання цеху та перевірка їх правдоподібності

У даному розділі було розраховано баланси споживання електроенергії за формулою 2.1 та перевірено їх із фактичними балансами споживання електроенергії цехом та перевірено чи задовольняють умову 2.27.

У таблиці 3.13 наведено можливі значення коефіцієнтів використання та розраховано споживання електроенергії.

Таблиця 3.13 Можливі значення коефіцієнтів використання та розрахункових величин електроспоживання компресорів цеху

Компресори															
3Г			28Г			4Г			3В			4В			
к _{вик.}	Т	W	к _{вик.}	Т	W	к _{вик.}	Т	W	к _{вик.}	Т	W	к _{вик.}	Т	W	W _Σ
0,77	19	99191,4	0,71	19	91462,2	0,79	19	101768	0,8	0	0	0,73	19	94038,6	386460
0,74	19	95326,8	0,77	19	99191,4	0,75	19	96615	0,8	0	0	0,77	19	99191,4	390325
0,8	19	103056	0,73	19	94038,6	0,73	19	94038,6	0,72	0	0	0,79	19	101768	392901
0,71	19	91462,2	0,78	19	100480	0,83	19	106921	0,76	0	0	0,71	19	91462,2	390325
0,8	19	103056	0,75	19	96615	0,81	19	104344	0,79	0	0	0,77	19	99191,4	403207
0,71	19	91462,2	0,75	19	96615	0,8	19	103056	0,67	0	0	0,75	19	96615	387748
0,79	19	101768	0,76	19	97903,2	0,82	19	105632	0,72	0	0	0,74	19	95326,8	400630
0,76	19	97903,2	0,76	19	97903,2	0,82	19	105632	0,8	0	0	0,76	19	97903,2	399342
0,78	19	100480	0,77	19	99191,4	0,79	19	101768	0,83	0	0	0,76	19	97903,2	399342
0,84	19	108209	0,76	19	97903,2	0,77	19	99191,4	0,8	0	0	0,71	19	91462,2	396766
0,84	19	108209	0,78	19	100480	0,78	19	100480	0,76	0	0	0,79	19	101768	410936
0,72	19	92750,4	0,73	19	94038,6	0,8	19	103056	0,78	0	0	0,84	19	108209	398054
0,82	19	105632	0,8	19	103056	0,71	19	91462,2	0,72	0	0	0,74	19	95326,8	395477
0,82	19	105632	0,77	19	99191,4	0,77	19	99191,4	0,72	0	0	0,77	19	99191,4	403207
0,73	19	94038,6	0,7	19	90174	0,83	19	106921	0,76	0	0	0,74	19	95326,8	386460
0,7	19	90174	0,76	19	97903,2	0,85	19	109497	0,8	0	0	0,73	19	94038,6	391613
0,73	19	94038,6	0,77	19	99191,4	0,84	19	108209	0,84	0	0	0,77	19	99191,4	400630
0,75	19	96615	0,8	19	103056	0,8	19	103056	0,85	0	0	0,69	19	88885,8	391613
0,73	19	94038,6	0,8	19	103056	0,82	19	105632	0,72	0	0	0,69	19	88885,8	391613
0,83	19	106921	0,73	19	94038,6	0,77	19	99191,4	0,84	0	0	0,8	19	103056	403207
0,76	19	97903,2	0,77	19	99191,4	0,85	19	109497	0,75	0	0	0,65	19	83733	390325
0,75	19	96615	0,75	19	96615	0,82	19	105632	0,72	0	0	0,82	19	105632	404495

Продовження таблиці 3.13

3Г			28Г			4Г			3В			4В			W _Σ
0,79	19	101768	0,69	19	88885,8	0,8	19	103056	0,67	0	0	0,76	19	97903,2	391613
0,84	19	108209	0,7	19	90174	0,72	19	92750,4	0,77	0	0	0,79	19	101768	392901
0,72	19	92750,4	0,84	19	108209	0,83	19	106921	0,77	0	0	0,8	19	103056	410936
0,68	19	87597,6	0,84	19	108209	0,78	19	100480	0,73	0	0	0,75	19	96615	392901
0,76	19	97903,2	0,75	19	96615	0,73	19	94038,6	0,7	0	0	0,83	19	106921	395477
0,76	19	97903,2	0,82	19	105632	0,67	19	86309,4	0,76	0	0	0,75	19	96615	386460
0,7	19	90174	0,72	19	92750,4	0,85	19	109497	0,82	0	0	0,77	19	99191,4	391613
0,78	19	100480	0,81	19	104344	0,71	19	91462,2	0,65	0	0	0,71	19	91462,2	387748
0,79	19	101768	0,66	19	85021,2	0,82	19	105632	0,84	0	0	0,74	19	95326,8	387748
0,84	19	108209	0,78	19	100480	0,82	19	105632	0,83	0	0	0,74	19	95326,8	409648
0,85	19	109497	0,74	19	95326,8	0,84	19	108209	0,65	0	0	0,74	19	95326,8	408359
0,78	19	100480	0,66	19	85021,2	0,83	19	106921	0,68	0	0	0,76	19	97903,2	390325
0,82	19	105632	0,76	19	97903,2	0,78	19	100480	0,83	0	0	0,66	19	85021,2	389036
0,85	19	109497	0,79	19	101768	0,69	19	88885,8	0,84	0	0	0,71	19	91462,2	391613
0,74	19	95326,8	0,69	19	88885,8	0,79	19	101768	0,82	0	0	0,83	19	106921	392901
0,75	19	96615	0,76	19	97903,2	0,82	19	105632	0,67	0	0	0,84	19	108209	408359
0,84	19	108209	0,72	19	92750,4	0,82	19	105632	0,75	0	0	0,84	19	108209	414800
0,85	19	109497	0,7	19	90174	0,7	19	90174	0,74	0	0	0,8	19	103056	392901
0,67	19	86309,4	0,77	19	99191,4	0,77	19	99191,4	0,65	0	0	0,82	19	105632	390325
0,72	19	92750,4	0,83	19	106921	0,85	19	109497	0,76	0	0	0,82	19	105632	414800
0,72	19	92750,4	0,84	19	108209	0,73	19	94038,6	0,85	0	0	0,83	19	106921	401918
0,84	19	108209	0,77	19	99191,4	0,81	19	104344	0,83	0	0	0,68	19	87597,6	399342
0,69	19	88885,8	0,69	19	88885,8	0,84	19	108209	0,66	0	0	0,78	19	100480	386460
0,72	19	92750,4	0,85	19	109497	0,7	19	90174	0,76	0	0	0,84	19	108209	400630
0,65	19	83733	0,82	19	105632	0,82	19	105632	0,81	0	0	0,71	19	91462,2	386460
0,81	19	104344	0,83	19	106921	0,81	19	104344	0,73	0	0	0,67	19	86309,4	401918
0,66	19	85021,2	0,83	19	106921	0,78	19	100480	0,67	0	0	0,84	19	108209	400630
0,83	19	106921	0,81	19	104344	0,65	19	83733	0,83	0	0	0,81	19	104344	399342

У даному розділі було знайдено споживання електричної енергії п'яти компресорів та розглянуто значення, які задовольняють умову 2.27, а саме знаходяться у межах фактичного електроспоживання цехом.

3.7. Визначення найбільш імовірного розрахункового електробалансу цеху

У даному розділі було знайдено за допомогою функції «Автофільтр» найбільш ймовірні значення розрахункового електробалансу.

У таблиці 3.14 наведено п'ять найкращих розрахункових електробалансів цеху.

Таблиця 3.14 Значення коефіцієнтів використання та розрахункових величин електроспоживання компресорів, які формують п'ять найкращих розрахункових електробалансів цеху

Компресор 3Г				
к _{вик.}	Ймовірність знаходження в інтервалі	Т	Р _{вст}	W
0,77	0,2973	19	6780	99191,4
0,74	0,31207	19	6780	95326,8
к _{вик.}	Ймовірність знаходження в інтервалі	Т	Р _{вст}	W
0,8	0,2973	19	6780	103056
0,71	0,31207	19	6780	91462,2
0,8	0,2973	19	6780	103056
Компресор 28Г				
к _{вик.}	Ймовірність знаходження в інтервалі	Т	Р _{вст}	W
0,79	0,30407	19	6780	101768
0,75	0,28399	19	6780	96615
0,73	0,28399	19	6780	94038,6
0,83	0,17398	19	6780	106921
0,81	0,17398	19	6780	104344
Компресор 4Г				
к _{вик.}	Ймовірність знаходження в інтервалі	Т	Р _{вст}	W
0,73	0,33769	19	6780	94038,6
0,77	0,30704	19	6780	99191,4
0,79	0,30704	19	6780	101768
0,71	0,33769	19	6780	91462,2
0,77	0,30704	19	6780	99191,4
Компресор 3В				
к _{вик.}	Ймовірність знаходження в інтервалі	Т	Р _{вст}	W
0,71	0,34449	19	6780	91462,2
0,77	0,30993	19	6780	99191,4
0,73	0,34449	19	6780	94038,6
0,78	0,30993	19	6780	100480
0,75	0,34449	19	6780	96615

Компресор 4В				
$k_{\text{вик.}}$	Ймовірність знаходження в інтервалі	T	$P_{\text{вст}}$	W
0,8	0,30428	0	6780	0
0,8	0,30428	0	6780	0
0,72	0,28536	0	6780	0
0,76	0,30428	0	6780	0
0,79	0,30428	0	6780	0
W_{Σ}			Суміщена ймовірність появи варіанту розрахункового електробалансу цеху	
386460			0,003199801	
390324,6			0,002566052	
392901			0,002548242	
390324,6			0,001728993	
403206,6			0,001664657	

У цьому підрозділі було визначено найкращі розрахункові електробаланси цеху. Порівняно із даними обліку споживання електроенергії цехом похибка становила менше 10%, а інколи навіть і менше 5%.

Таким чином, ймовірно–статистичний підхід для побудови електробалансів не можна вважати достатньо ефективним для суттєвого підвищення обґрунтованості та точності балансів споживання електроенергії.

3.8. Висновки

1. В розділі було продемонстровано приклади побудови електробалансу цеху з виробництва аміаку зі застосуванням розрахунково-аналітичного методу та ймовірісно-статистичного підходу.

2. Також було продемонстровано один із підходів для застосування ймовірісно-статистичного методу за допомогою MS Excel.

3. Було порівняно два методи один з одним та показано плюси і мінуси кожного із них. Споглядаючи на те, що у випадку застосування розрахунково-аналітичного методу ми отримуємо похибки від 10%, а місцями й до 1000%, показало, що даний метод не є досконалим.

4. Отже, можна зробити висновок, що застосування розрахунково-аналітичного методу (зокрема, спрощеного) для побудови електробалансів є неможливим та недоцільним, а використання ймовірісно-статистичного підходу дозволяє одержувати цілком прийнятні результати вирішення цієї задачі.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Розробка інноваційних продуктів є актуальною як у всьому світі, так і в Україні. Кількість інноваційних ідей зростає завдяки інструментам комунікацій, які спростили систему пошуку ресурсів, технологій, інвесторів, споживачів та виробників. Ринок стартапів розвивається і поширюється. Проте успішними стають лише 10-20 % розроблених і запропонованих стартап-проєктів. Важливо не тільки розробити інноваційний продукт, а й перетворити ідею проєкту у працюючу бізнес-модель, яка враховує цінність продукту або послуги, сегмент споживачів, канали збуту, взаємодія з споживачами, монетизація, визначені ключові види діяльності, ресурси та партнери [21].

Стартап (від англ. «startup» – запускати) – це новітній проєкт, який розвивається в умовах невизначеності, пошуку оптимальних бізнес ідей та їх фінансування та спрямований на розроблення інноваційних товарів або послуг, а також технологій їх виробництва [22].

В умовах недостатньої оснащеності на виробничо-господарських об'єктах приладів обліку електроенергії виникає проблема ефективного визначення електробалансу для окремого енергозатратного обладнання.

У даному розділі магістерської дисертації пропонується програмне забезпечення, яка створює електробаланси за допомогою ймовірнісно-статистичного методу.

Основу успіху стартап-проєкту складає якість ідеї, яка потребує зовнішнього фінансування. Останнє стає дедалі більш визначальним у реалізації стартап-проєкту, оскільки потребує безумовного забезпечення конкурентоспроможності запропонованої новації у виробничому та економічному середовищі [23].

Даний стартап проєкт дозволяє підприємствам визначати найбільш енергоємне обладнання з метою заміни його на більш краще та енергоефективне.

4.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проєкту

На початку розроблення стартап-проєкту доцільно обґрунтувати цілі етапів його реалізації (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1. Цілі основних етапів реалізації стартап-проєкту

Етапи реалізації стартап-проєкту	Цілі етапів реалізації стартап-проєкту
Початковий етап стартап-проєкту	Визначення проблеми надмірного споживання електроенергії та побудови балансів електричної енергії з використанням ймовірісно-статистичного методу.
Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї	Необхідність впровадження нових методів для побудови балансів, що в свою чергу призведе до більш точного виявлення енергоємного обладнання підприємства.
Етап аналізу конкурентного середовища	Пошук на ринку подібного програмного забезпечення та актуалізацію під наявну задачу.
Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проєкту	Визначення необхідних матеріальних, трудових, капітальних ресурсів, ключових процесів, технології, обладнання та реалізації проєкту в часі і просторі
Етап фінансового забезпечення реалізації проєкту	Обґрунтування собівартості та ціни реалізації інноваційної ідеї
Інвестиційний етап реалізації стартап-проєкту	Пошук потенційних інвесторів фінансування стартап-проєкту
Маркетинговий етап реалізації проєкту	Обґрунтування каналів збуту продукту стартап-проєкту, залучення потенційних споживачів, формування необхідних сегментів ринку

4.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проєкту

Необхідність практичного розв'язання задач енергозбереження в усіх ланках національної економіки, насамперед, у промисловості, яка є найбільшим споживачем палива та енергії всіх видів, стає все більш нагальною. Для

досягнення бажаних результатів у сфері енергозбереження потрібно здійснювати управління цими процесами як на державному рівні, так і на конкретних підприємствах, в організаціях чи установах. При цьому обов'язковою і надзвичайно важливою функцією такого управління є систематичний контроль та аналіз ефективності використання ПЕР на відповідних об'єктах

Результати дослідження та актуальності, новизни стартап-проєкту узагальнено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Актуальність та новизна ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Розробка програмного забезпечення для побудови електробалансів	Промислові підприємства	Зменшення використання електроенергії в перспективі
	Консалтингові компанії	Підвищення якості послуг
	Державні організації	Впровадження державних програм з енергозбереження

4.3. Аналіз конкурентного середовища

Згідно з проведеного пошуку на ринку України не виявлено програм схожого типу, отже, проєкт позбавлений одного з головних ризиків стартап проєкту – наявності більш успішних і відомих аналогів.

У ході реалізації стартап-проєкту необхідно здійснити SWOT-аналіз потенційних загроз та можливостей реалізації стартап-проєкту, визначивши сильні та слабкі сторони, а також його можливості та загрози.

Таблиця 4.3. Матриця SWOT-аналізу

S (strength) – Сильні сторони	W (weaknesses) – Слабкі сторони
1. Простота створення 2. Полегшення в створенні проєктів з енергоефективності	1.Складність отримання інформації 2. Некомпетентні працівники
O (opportunities) – Можливості	T (threats) – Загрози
1. Підвищення енергоефективності 2.Широке впровадження в енергетичній галузі	1.Незацікавленість інвесторами

4.4. Обґрунтування ресурсного забезпечення проєкту

Обґрунтуємо та узагальнимо в таблиці 4.4 величину необхідних капіталовкладень на реалізацію стартап-проєкту.

Таблиця 4.4 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проєкту

Статті капіталовкладень	Величина, тис. грн.
Прямі матеріальні затрати	
– витрати на закупівлю комп'ютерного обладнання	500000
– витрати на ліцензійне програмне забезпечення	50000
– інші матеріальні витрати (підключення комп'ютерного обладнання, налаштування програмного забезпечення, ремонт за необхідності)	3000
Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників	
– заробітна плата за ставками і тарифами технічних працівників (5 осіб)	75000 /міс.
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	100000 /рік
– оплата відпусток виробничих працівників	68000 /рік
– інші витрати невідпрацьованого часу виробничих працівників	30000 /рік
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників	60060 /рік
Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення	
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	15000 /рік
Інші прямі витрати:	
– витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	25000 /міс
– витрати на послуги сторонніх підприємств (охорона, реклама оренда тощо)	60000 /міс
– витрати на оплату комунальних послуг	5000 /міс
– прямі інші витрати	10000
Загальновиробничі витрати	
– витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону довкілля	5000 /міс
Всього капіталовкладень на реалізацію проєкту	1006060

4.5 Ключові види діяльності

В таблиці 4.5 наведено ключові види діяльності які будуть надаватися таким проєктом.

Таблиця 4.5 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Збір необхідної статистичної інформації	Працівники здійснюють моніторинг наданої інформації підприємством	Отримання більш точних даних
Виконання цілей поставлених замовником	1. Розрахунок електробалансів 2. Знаходження найбільш енергоємного обладнання.	Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження проєкту

4.6. Прямі матеріальні витрати

В таблиці 4.6 наведено прямі матеріальні витрати проєкту.

Таблиця 4.6 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1	Закупівля комп'ютерного забезпечення	грн.	20000	5	-	100000
2	Затрати на програмне забезпечення	грн.	5000	5	-	25000
3	Затрати на інше програмне забезпечення	грн.	1000	5	5000	60000
4	Затрати на офісне обладнання (принтер, папір тощо)	грн.	2000	1	100	3200
Всього:					5100	188200

4.7. Витрати на оплату праці

В таблиці 4.7 наведено аналіз структури персоналу та ФОП.

Таблиця 4.7 – Структура персоналу та ФОП

№ П/П	Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1	Керівник групи розробників ПЗ	ставка	1	20000	60000	240000
2	Групи розробників	ставка	3	41250	123750	495000
3	Тестувальник ПЗ	ставка	1	13750	41250	165000
4	ФОП (обслуговуючий персонал)	Погодинна оплата	1	1000	3000	12000
Всього				76000	228000	912000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				16720	50160	200640
ФОП 3 група (3%)				30	90	360

4.8 Інші прямі витрати

До прямих інших прямих витрат належать витрати на дослідження та розробку, послуги сторонніх організацій, комунальні послуги та оренду, кредити та їх обслуговування, втрати від браку з технологічних причин, безнадійної дебіторської заборгованості, операційної курсової різниці, витрати штрафів, пені, неустойок, утримання об'єктів соціально-культурного призначення тощо.

Непрямі витрати мого стартап проєкту – витрати на громадський транспорт працівників, оренда нежитлового приміщення, та витрати на рекламу та просування сторінок та сайту в мережі.

Наведено інші прямі витрати в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Обґрунтування прямих інших витрат

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1. Витрати на громадський транспорт	Щомісячний звіт	2000	24000
2. Реклама	Угода	25000	300000
3. Оренда офісу	Угода	20000	240000
Всього:		47000	564000

4.9 Канал збуту

В таблиці 4.8 наведено формування системи збуту.

Таблиця 4.8 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати організація	Оптимальна система збуту
1	Клієнт зацікавлений у зменшенні платіжок за споживання електроенергії	Збір інформації, необхідної для здійснення успішної реалізації проєкту, створення ідей щодо реалізації.	1. Прямая система збуту 2. Рекламна технологія

4.10 Висновки до розділу

У даному розділі магістерської дисертації запропоновано здійснення розробки стартап-проєкту по створенню програмного забезпечення, яке створює електробаланси за допомогою ймовірісно-статистичного методу.

Організація, що займатиметься розрахунком та пропонуванням необхідних енергетичних заходів матиме низький рівень довіри з боку користувачів через недостатній досвід роботи і першість серед конкурентів. Також більшість потенційних клієнтів може не влаштовувати термін окупності або обсяг капіталовкладень.

ВИСНОВКИ

1. Одним із перспективних напрямів розвитку методів складення балансів споживання електричної енергії є застосування з цією метою ймовірісно-статистичних методів, які, на відміну від розрахунково-аналітичного методу, здатні на підставі відповідних звітно-статистичних даних забезпечити побудову достатньо достовірних та обґрунтованих електробалансів, що, у свою чергу, дасть змогу здійснювати більш об'єктивний контроль та аналіз ефективності використання електроенергії у суспільному виробництві.

2. Розроблена методологія складання електробалансів на основі ймовірісно-статистичного підходу для різних умов та випадків їх побудови, у порівнянні з традиційним розрахунково-аналітичним методом, дає можливість одержувати більш обґрунтовані та достовірні баланси споживання електроенергії на виробничо-господарських об'єктах, зокрема, електробаланси, побудовані з застосуванням ймовірісно-статистичних методів на основі даних тільки про фактичні обсяги споживання електроенергії на підприємстві в цілому, є дещо більш обґрунтованими та достовірними, оскільки вони базуються на даних додаткових вибіркового спостережень або на результатах опитування відповідних фахівців-експертів.

3. Побудовані з застосуванням ймовірісно-статистичних методів електробаланси у подальшому можуть служити підґрунтям для аналізу електроспоживання, зокрема, дають змогу одержувати достатньо достовірні дані для здійснення оперативного контролю ефективності використання електричної енергії відповідними виробничо-господарськими та технологічними об'єктами.

4. Отже, можна зробити висновок, що застосування розрахунково-аналітичного методу (зокрема, спрощеного) для побудови електробалансів є неможливим та недоцільним, а використання ймовірісно-статистичного підходу дозволяє одержувати цілком прийнятні результати вирішення цієї задачі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Праховник А.В., Находов В.Ф. Создание многофункциональной системы розничных тарифов на электрическую энергию. Энергетика и электрификация. 1996. № 1. С. 40–42.
2. Находов В.Ф. Энергосбережение и проблема контроля эффективности энергоиспользования. Промислова електроенергетика та електротехніка: Промелектро. 2007. № 1. С. 34–42.
3. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Кочетова К.К. Аналіз діючих в Україні методик нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів. Промислова електроенергетика та електротехніка: Промелектро. 2007. № 2. С. 42–48.
4. Находов В.Ф., Бориченко О.В. Ймовірно-статистичний підхід до побудови енергобалансів виробничо-господарських об'єктів. Промислова електроенергетика та електротехніка: Промелектро. 2007. № 6. С. 45–54.
5. Праховник А.В., Находов В.Ф., Бориченко О.В. Контроль ефективності енерговикористання – ключова проблема управління енергозбереженням. Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. 2009. № 8 (66). С. 41–54.
6. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Тишко О.В. Удосконалення діючої системи нормалізації енергоспоживання на основі контролю і планування витрат електричної енергії. Промислова електроенергетика та електротехніка: Промелектро. 2010. № 3. С. 51–58.
7. Находов В.Ф., Бориченко О.В. Побудова оптимальних розрахункових моделей електробалансів виробничо-господарських об'єктів. Промислова електроенергетика та електротехніка: Промелектро. 2010. № 6. С. 47–51.
8. Рибаківим І. О., Каплієнком В. В. та Камчатним В. Г. Проект Закону України "Про енергетичний баланс України" від 6 грудня 2011 року за N 9538 [Електронний ресурс] / Рибаківим І. О., Каплієнком В. В. та Камчатним В. Г.. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <https://ips.ligazakon.net/document/LF7CY00A?an=14>.

9. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Контроль ефективності енерговикористання в системі енергетичного менеджменту. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. 2013. № 6. С. 67–77.
10. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Вибір найбільш прийнятної математичної моделі для встановлення стандартів енергоспоживання виробничих об'єктів. Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». 2014. № 1. С. 20–29.
11. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О., Єгорова І.О. Комплексний підхід до визначення складу чинників, що впливають на величину енергоспоживання при впровадженні систем оперативного контролю енергоефективності. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2014. № 2. С. 68–77. (Включена до міжнародної наукометричної бази даних Google Scholar).
12. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О., Якобчук І.В. Виявлення «проблемних» ділянок схеми електропостачання для верифікації розрахункових електробалансів. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. № 2/8 (74). С. 4–10. (Включена до міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus).
13. Праховник А.В., Находов В.Ф., Замулко А.І. Актуальні питання управління попитом на електричну енергію та потужність. Проблеми розвитку енергетики. Погляд громадськості. 2010. № 7. С. 191–193.
14. Находов В.Ф., Бориченко О.В. Контроль та аналіз виконання встановлених «стандартів» в системах статистичного контролю ефективності використання електричної енергії. Промислова електроенергетика та електротехніка: Промелектро. 2011. № 2. С. 16–23.
15. Находов В.Ф., Бориченко О.В. Проблема контролю ефективності енерговикористання – основа практичного вирішення задач енергозбереження. Міжнародна конференція Енергозбереження, екологія, ефективність: шляхи зниження енергозалежності України. Київ, 14 травня 2008. С. 55–57.
16. Находов В.Ф., Бориченко О.В. Побудова енергобалансів виробничого господарських об'єктів ймовірно-статистичним методом. III

міжнародна науково-практична конференція Енергоефективність великого промислового регіону. Донецьк, 3–5 червня 2008. С. 150–155.

17. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Мусатова О.О. Побудова балансів споживання електроенергії виробничих об'єктів з використанням імовірнісно-статистичних методів. Науково-технічна конференція молодих дослідників, аспірантів та магістрантів Енергетика: економіка, технології, екологія. Київ, 20–21 травня 2010.

18. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Вибір методу математичного моделювання енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності. I Міжнародна науково-технічна конференція викладачів, аспірантів і студентів Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів. Донецьк, 2013. С. 197.

19. Nakhodov V., Skeie N., Pfeiffer C.F., Borichenko E., Ivanko D. Development of methods for monitoring of energy efficiency in the energy management systems. Міжнародна науково-практична та навчально-методична конференція Сталий енергетичний розвиток: сучасні тенденції, технології та рішення. Київ, 2014. С. 61.

20. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О., Ройтер А.В., Пахарєв Ю.В. Застосування ймовірнісно-статистичного підходу для побудови балансів електроспоживання котельних. III міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку REMS 2016. Київ, 30 травня–1 червня 2016. С. 82–83.

21. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Свідectво про реєстрацію авторського права на науковий твір «Ймовірнісно-статистичний підхід до побудови балансів електроспоживання на підприємствах теплоенергетики». № 69589; заявл. 04.11.2016; зареєстр. 04.01.2017.

22. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

23. Що таке стартап? 2017 [online] (останнє оновлення вересень 2017)
Доступно: <https://biznesua.com.ua/shho-take-startap> [Дата звернення 25.04.2018].

24. Закон України «Про інститути спільного інвестування, 2017 [online]
(останнє оновлення листопад 2017). Доступно:
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/main/5080-17> [Дата звернення 26.04.2019].

25.Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Вибір необхідного складу критеріїв адекватності математичних моделей енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2013. № 3. С. 68–77.